

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number :

2002-351048

(43)Date of publication of application : 04.12.2002

(51)Int.Cl.

G03F 1/08
 G03F 7/20
 H01L 21/027

(21)Application number : 2001-159380

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 28.05.2001

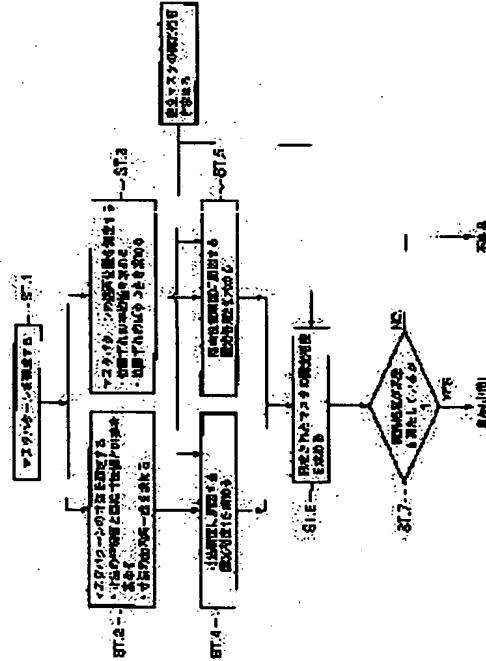
(72)Inventor : NOJIMA SHIGEKI
 SANHONGI SHOJI
 IKENAGA OSAMU
 ITO MASAMITSU

(54) PRODUCTION METHOD OF PHOTOMASK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the production method of a photomask by which the yield and the accuracy of a success or failure decision are improved.

SOLUTION: This production method includes a process to measure the size of a pattern after forming the pattern on the photomask (ST.2), a process (ST.4) to obtain an exposure tolerance 1 caused by dimensional precision in the case of using the photomask from the size measured result of the pattern, a process (ST.3) to measure the plotting position of the pattern, a process (ST.5) to obtain an exposure tolerance 2 caused by plotting position accuracy in the case of using the photomask from the plotting position measured result of the pattern, a process (ST.6) to obtain an exposure tolerance in the case of using the photomask from the exposure tolerance 1 and the exposure tolerance 2, and a process (ST.7) to decides the success or failure of the photomask by whether the exposure tolerance satisfies a desired exposure tolerance.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-351048
(P2002-351048A)

(43)公開日 平成14年12月4日 (2002.12.4)

(51)Int.Cl.
G 0 3 F 1/08
7/20
H 0 1 L 21/027

識別記号
5 2 1

F I
G 0 3 F 1/08
7/20
H 0 1 L 21/30

テマコード(参考)
A 2 H 0 9 5
5 2 1
5 0 2 P

審査請求 未請求 請求項の数24 OL (全29頁)

(21)出願番号 特願2001-159380(P2001-159380)

(22)出願日 平成13年5月28日 (2001.5.28)

(71)出願人 000003078

株式会社京艺
東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72)発明者 野鳥 茂樹

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社京艺横浜事業所内

(72)発明者 三本木 省次

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株式会社京艺横浜事業所内

(74)代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

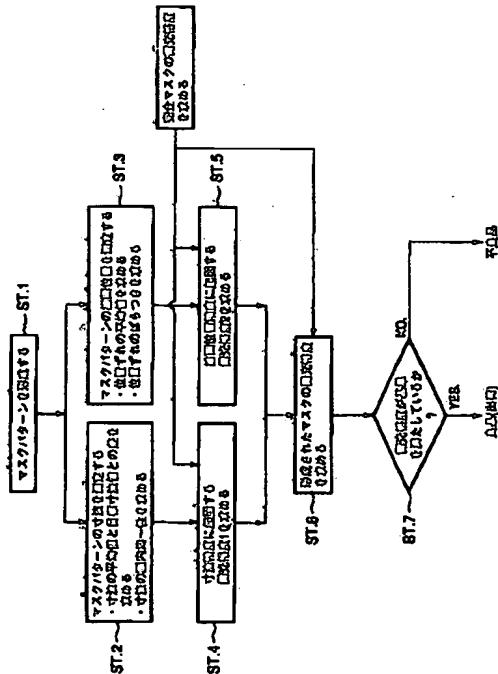
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 フォトマスクの製造方法

(57)【要約】

【課題】 歩留まりを向上させることができ、かつ合否判断の精度も高いフォトマスクの製造方法を提供すること。

【解決手段】 フォトマスク上にパターンを形成した後、このパターンの寸法を測定する工程(ST. 2)と、パターンの寸法測定結果から、フォトマスクを使用した場合の、寸法精度に起因する露光裕度1を求める工程(ST. 4)と、パターンの描画位置を測定する工程(ST. 3)と、パターンの描画位置測定結果から、フォトマスクを使用した場合の、描画位置精度に起因する露光裕度2を求める工程(ST. 5)と、露光裕度1及び露光裕度2から、フォトマスクを使用した場合の露光裕度を求める工程(ST. 6)と、露光裕度が所望の露光裕度を満たしているか否かで、フォトマスクの合否を判断する工程(ST. 7)とを具備する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 フォトマスクの製造方法において、フォトマスク上にパターンを形成した後、このパターンの寸法を測定する工程と、

前記パターンの描画位置を測定する工程と、

前記パターンの寸法測定結果から、前記フォトマスクを使用した場合の、寸法精度に起因する露光裕度1を求める工程と、

前記パターンの描画位置測定結果から、前記フォトマスクを使用した場合の、描画位置精度に起因する露光裕度2を求める工程と、

前記寸法精度に起因する露光裕度1及び前記描画位置精度に起因する露光裕度2から、前記フォトマスクを使用した場合の露光裕度を求める工程と、

前記求められた露光裕度が所望の露光裕度を満たしているか否かで、前記フォトマスクの合否を判断する工程とを具備することを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項2】 フォトマスクの製造方法において、フォトマスク上に位相シフト膜を含むパターンを形成した後、このパターンの寸法を測定する工程と、

前記パターンの描画位置を測定する工程と、

前記位相シフト膜の性質を測定する工程と、

前記パターンの寸法測定結果から、前記フォトマスクを使用した場合の、寸法精度に起因する露光裕度1を求める工程と、

前記パターンの描画位置測定結果から、前記フォトマスクを使用した場合の、描画位置精度に起因する露光裕度2を求める工程と、

前記位相シフト膜の性質測定結果から、前記フォトマスクを使用した場合の、位相シフト膜の性質に起因する露光裕度3を求める工程と、

前記寸法精度に起因する露光裕度1、前記描画位置精度に起因する露光裕度2、及び前記位相シフト膜の性質に起因する露光裕度3から、前記フォトマスクを使用した場合の露光裕度を求める工程と、

前記求められた露光裕度が所望の露光裕度を満たしているか否かで、前記フォトマスクの合否を判断する工程とを具備することを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項3】 前記パターンが所望の形状に形成されているか否かを検査し、所望の形状に形成されていない部分を欠陥として検出する工程と、

前記検出された欠陥部分の大きさを測定する工程と、

前記検出された欠陥部分の透過率を測定する工程と、

前記欠陥部分の大きさ及び透過率測定結果から、前記欠陥部分を含むフォトマスクを使用した場合の、欠陥部分に起因する露光裕度4を求める工程と、をさらに具備し、

前記露光裕度は、前記寸法精度に起因する露光裕度1、前記描画位置精度に起因する露光裕度2、及び前記欠陥部分に起因する露光裕度4から求められることを特徴とする請求項2に記載のフォトマスクの製造方法。

10

20

30

40

50

2

する請求項1に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項4】 前記パターンが所望の形状に形成されているか否かを検査し、所望の形状に形成されていない部分を欠陥として検出する工程と、

前記検出された欠陥部分の大きさを測定する工程と、

前記検出された欠陥部分の透過率を測定する工程と、

前記欠陥部分の大きさ及び透過率測定結果から、前記欠陥部分を含むフォトマスクを使用した場合の、欠陥部分に起因する露光裕度4を求める工程と、をさらに具備し、

前記露光裕度は、前記寸法精度に起因する露光裕度1、前記描画位置精度に起因する露光裕度2、前記位相シフト膜の性質に起因する露光裕度3、及び前記欠陥部分に起因する露光裕度4から求められることを特徴とする請求項2に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項5】 前記パターンが所望の形状に形成されているか否かを検査し、所望の形状に形成されていない部分を欠陥として検出する工程と、

前記検出された欠陥部分を修正する工程と、

前記修正部分の大きさを測定する工程と、

前記修正部分の透過率を測定する工程と、

前記修正部分の大きさ及び透過率測定結果から、前記修正部分を含むフォトマスクを使用した場合の、修正部分に起因する露光裕度5を求める工程と、をさらに具備し、

前記露光裕度は、前記寸法精度に起因する露光裕度1、前記描画位置精度に起因する露光裕度2、及び前記修正部分に起因する露光裕度5から求められることを特徴とする請求項1に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項6】 前記パターンが所望の形状に形成されているか否かを検査し、所望の形状に形成されていない部分を欠陥として検出する工程と、

前記検出された欠陥部分を修正する工程と、

前記修正部分の大きさを測定する工程と、

前記修正部分の透過率を測定する工程と、

前記修正部分の大きさ及び透過率測定結果から、前記修正部分を含むフォトマスクを使用した場合の、修正部分に起因する露光裕度5を求める工程と、をさらに具備し、

前記露光裕度は、前記寸法精度に起因する露光裕度1、前記描画位置精度に起因する露光裕度2、前記位相シフト膜の性質に起因する露光裕度3、及び前記修正部分に起因する露光裕度5から求められることを特徴とする請求項2に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項7】 前記欠陥部分の大きさは、この欠陥部分の面積で規定されることを特徴とする請求項3及び請求項4いずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項8】 前記欠陥部分の大きさは、この欠陥部分のX方向の寸法と、前記X方向に直交するY方向の寸法とで規定されることを特徴とする請求項3及び請求項4

いずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項9】 前記修正部分の大きさは、この修正部分の面積で規定されることを特徴とする請求項5及び請求項6いずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項10】 前記修正部分の大きさは、この修正部分のX方向の寸法と、前記X方向に直交するY方向の寸法とで規定されることを特徴とする請求項5及び請求項6いずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項11】 前記位相シフト膜の性質を測定する工程は、

前記位相シフト膜の位相を測定する工程を含み、前記位相シフト膜の性質に起因する露光裕度3は、前記位相から求められることを特徴とする請求項2、請求項4及び請求項6いずれか一項に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項12】 前記位相シフト膜の位相を測定する工程は、

前記位相の平均値を求める工程と、

前記位相のばらつきを求める工程とを含み、

前記位相シフト膜の性質に起因する露光裕度3を求める工程は、

前記位相の平均値から、前記フォトマスクを使用した場合の、位相の平均値に起因する露光裕度Eを求める工程と、

前記位相のばらつきから、前記フォトマスクを使用した場合の、位相のばらつきに起因する露光裕度Fを求める工程とを含むことを特徴とする請求項11に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項13】 前記位相シフト膜の性質を測定する工程は、

前記位相シフト膜の位相を測定する工程と、

前記位相シフト膜の透過率を測定する工程とを含み、

前記位相シフト膜の性質に起因する露光裕度3は、前記位相差及び前記透過率から求められることを特徴とする請求項2、請求項4及び請求項6いずれか一項に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項14】 前記位相シフト膜の位相を測定する工程は、

前記位相の平均値を求める工程と、

前記位相のばらつきを求める工程とを含み、

前記位相シフト膜の透過率を測定する工程は、

前記透過率の平均値を求める工程と、

前記透過率のばらつきを求める工程とを含み、

前記位相シフト膜の性質に起因する露光裕度3を求める工程は、

前記位相の平均値から、前記フォトマスクを使用した場合の、位相の平均値に起因する露光裕度Eを求める工程と、

前記位相のばらつきから、前記フォトマスクを使用した場合の、位相のばらつきに起因する露光裕度Fを求める工程とを含むことを特徴とする請求項1乃至請求項6いずれか一項に記載のフォトマスクの製造方法。

工程と、

前記透過率の平均値から、前記フォトマスクを使用した場合の、透過率の平均値に起因する露光裕度Gを求める工程と、

前記透過率のばらつきから、前記フォトマスクを使用した場合の、透過率のばらつきに起因する露光裕度Hを求める工程とを含むことを特徴とする請求項9に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項15】 前記パターンの寸法を測定する工程は、

前記パターンの平均寸法を求める工程と、

前記パターンの寸法の面内均一性を求める工程とを含み、

前記寸法精度に起因する露光裕度1を求める工程は、前記平均寸法から、前記フォトマスクを使用した場合の、平均寸法に起因する露光裕度Aを求める工程と、前記面内均一性から、前記フォトマスクを使用した場合の、面内均一性に起因する露光裕度Bを求める工程とを含むことを特徴とする請求項1乃至請求項6いずれか一項に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項16】 前記パターンの描画位置を測定する工程は、

前記パターンの描画位置の位置ずれの平均値を求める工程と、

前記パターンの描画位置の位置ずれのばらつきを求める工程と含み、

前記描画位置精度に起因する露光裕度2は、前記位置ずれの平均値、及び前記ばらつきから求められることを特徴とする請求項1乃至請求項6いずれかに記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項17】 前記パターンの寸法を測定する工程は、

前記パターンのX方向の平均寸法を求める工程と、前記パターンのY方向の平均寸法を求める工程とを含み、

前記寸法精度に起因する露光裕度1を求める工程は、前記X方向の平均寸法から、前記フォトマスクを使用した場合の、X方向の平均寸法に起因する露光裕度Cを求める工程と、

前記Y方向の平均寸法から、前記フォトマスクを使用した場合の、Y方向の平均寸法に起因する露光裕度Dを求める工程とを含むことを特徴とする請求項1乃至請求項6いずれか一項に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項18】 前記パターンの描画位置を測定する工程は、

前記パターンを形成する時に発生する単位描画領域どうしのつなぎ誤差を求める工程、前記フォトマスク全体の伸縮成分を求める工程、前記フォトマスク全体の直交ずれ成分を求める工程、前記フォトマスク全体の局所位置ずれ量を求める工程の少なくともいずれか一つの工程を

含み、

前記描画位置精度に起因する露光裕度2は、前記つなぎ誤差、前記伸縮成分、前記直交ずれ成分、及び前記局所位置ずれ量の少なくともいずれか一つから求められることを特徴とする請求項1乃至請求項6いずれか一項に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項19】 前記露光裕度は、前記フォトマスクからウェハにパターンを転写する工程における、フォーカス裕度と露光量裕度とで規定されることを特徴とする請求項1乃至請求項6いずれか一項に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項20】 前記フォトマスクの合否判断の結果、所望の露光裕度を満たしていないと判断されたフォトマスクに対し、このフォトマスクのカスタマーが、このフォトマスクからウェハにパターンを転写する工程の工程管理条件を含んで、フォトマスクの合否を再度判断する工程を、さらに具備することを特徴とする請求項1乃至請求項6いずれか一項に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項21】 前記工程管理条件は、前記フォトマスクからウェハにパターンを転写する工程に用いられる装置を指定する項目を含むことを特徴とする請求項20に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項22】 前記工程管理条件は、前記フォトマスクからウェハにパターンを転写する工程におけるQCの回数を増加させる項目を含むことを特徴とする請求項20に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項23】 前記フォトマスクの合否判断の結果、所望の露光裕度を満たしていないと判断されたフォトマスクに対し、このフォトマスクのカスタマーが、デバイス的な観点からフォトマスクの合否を再度判断する工程を、さらに具備することを特徴とする請求項1乃至請求項6いずれか一項に記載のフォトマスクの製造方法。

【請求項24】 前記デバイス的な観点からフォトマスクの合否を再度判断する工程は、このフォトマスクの、所望の露光裕度を満たしていない部分が局所的であったとき、この局所的な部分に対応するデバイスの部分を、カスタマーがデバイスとして機能させないようにする工程を含むことを特徴とする請求項23に記載のフォトマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明はフォトマスクの製造方法に係わり、特に製造されたフォトマスクの合否判断に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体装置の製造工程において、各種パターンを半導体ウェハに形成するパターン形成工程、いわゆるリソグラフィー工程があるが、このリソグラフィー工程では、フォトマスク、位相シフトマスク等のマス

クが用いられている。

【0003】 近年、半導体装置の微細化に伴って、この種のフォトマスクに求められている寸法精度は急速に厳しくなり、例えばマスク面内の寸法均一性は10nm以下が必要とされている。

【0004】 従来、フォトマスクの製造方法において、マスク基材に仕様に基づいてマスクパターンを形成した後、マスクが良品か不良品かを判断している。その判断項目は多数有り、その項目の中の一つでも仕様値を満たさないものが有れば不良品とされてきた。例えば、ハーフトーン型位相シフトマスクにおいては、代表的な仕様項目と仕様値は、図32の表に示したように、11項目有り、従来は、これら項目の内、1項目でも仕様値を超えるマスクは、不良品としていた。

【0005】 そのため、マスク製造技術の高精度化も進んでいるもののマスクの歩留まりは、極めて低い。

【0006】 このように、従来のマスク製造方法では、多数有る良品か不良品かの判断項目のうち、1項目でも仕様を満たさないものが有れば不良品としているため、マスクの歩留まりが、極めて低いという事情があった。

【0007】 この事情を解消するために、本願発明者らは、従来の不良品とされたマスクについて、種々分析した結果、以下の事実を見出した。

【0008】 即ち、一般に、フォトマスクの仕様は、半導体ウェハへのパターン露光において、所望の露光裕度を得るために必要で、各項目が全て仕様値ぎりぎりの値になった場合でも、所望の露光裕度が得られるように決められているが、実際のフォトマスクでは、全ての項目が仕様値ぎりぎりの値になることは、極めて希で、殆どのフォトマスクは、ある項目は仕様値を超えて、他の項目は余裕を持って仕様値の中に収まっていることが多く、仮に、仕様値を超える項目が存在しても、他の項目が余裕を持って仕様値に収まっている場合には、仕様値を超える項目による露光裕度の減少分が、余裕を持って仕様値に収まっている項目の露光裕度の増加分を下回れば、全体としては所望の露光裕度を得ることができる。例えば、図33の表に示すように、従来不良品とされていたハーフトーン型位相シフトマスクの測定例において、例えば、出来上がったマスクのパターン寸法平均値の目標値からのズレが、13nmで仕様値の±10nmを超えていても、そのマスクのパターン寸法面内均一性が4nm(3σ)と仕様値である8nm(3σ)より余裕を持って小さい値であった場合、実際に、このマスクをウェハ露光し、デフォーカス裕度と露光量裕度とを測定すると、所望の露光裕度が得られることが確認された。これに関する本件出願人による先願として、特願2000-260285(平成12年8月30日出願)がある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 この先願では、フォト

マスクの場合、露光裕度を決めている主項目が、パターン寸法の平均値及び面内均一性であるとし、これらパターン寸法の平均値及び面内均一性を測定し、この測定データから露光裕度を計算し、所望の露光裕度を有するマスクを、良品として判断するようにしている。

【0010】また、位相シフトマスク、例えばハーフトーン型位相シフトマスクの場合には、パターン寸法の平均値及び面内均一性の他に、半遮光部の透過率の平均値及び面内均一性と、この半遮光部の位相シフト量の平均値及び面内均一性とを測定し、これら測定データから露光裕度を計算し、所望の露光裕度を有するマスクを、良品として判断するようにしている。

【0011】しかし、露光裕度を決める項目には、パターン寸法の平均値及び面内均一性の他にも存在する。この項目を新たに測定し、この測定データとパターン寸法の平均値及び面内均一性の測定データとを用いて露光裕度を求めれば、より精度の高い合否判断が可能となる。

【0012】この発明は、上記事情に鑑みなされたもので、その目的は、歩留まりを向上させることができ、かつ合否判断の精度も高いフォトマスクの製造方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、この発明の一の態様では、フォトマスク上にパターンを形成した後、このパターンの寸法を測定し、前記パターンの描画位置を測定し、前記パターンの寸法測定結果から、前記フォトマスクを使用した場合の、寸法精度に起因する露光裕度1と、前記パターンの描画位置測定結果から、前記フォトマスクを使用した場合の、描画位置精度に起因する露光裕度2とをそれぞれ求める。そして、さらに前記寸法精度に起因する露光裕度1及び前記描画位置精度に起因する露光裕度2から、前記フォトマスクを使用した場合の露光裕度を求め、この求められた露光裕度が所望の露光裕度を満たしているか否かで、前記フォトマスクの合否を判断することを特徴としている。

【0014】また、上記目的を達成するために、この発明の他の態様では、フォトマスク上に位相シフト膜を含むパターンを形成した後、このパターンの寸法を測定し、前記パターンの描画位置を測定し、前記位相シフト膜の性質を測定し、前記パターンの寸法測定結果から、前記フォトマスクを使用した場合の、寸法精度に起因する露光裕度1と、前記パターンの描画位置測定結果から、前記フォトマスクを使用した場合の、位相シフト膜の性質に起因する露光裕度3とをそれぞれ求める。そして、さらに前記寸法精度に起因する露光裕度1、前記描画位置精度に起因する露光裕度2、及び前記位相シフト膜の性質に起因する露光裕度3から、前記フ

オトマスクを使用した場合の露光裕度を求め、この求められた露光裕度が所望の露光裕度を満たしているか否かで、前記フォトマスクの合否を判断することを特徴としている。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態を、図面を参照して説明する。この説明に際し、全図にわたり、共通する部分には共通する参照符号を付す。

【0016】(第1実施形態)以下、この発明の第1実施形態に係わるフォトマスクの製造方法について、図1～図5を参照しながら説明する。

【0017】図1はこの発明の第1実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図、図2A、図2BはCrマスクを示す平面図、図3A、図3Bは寸法測定方法を示す図、図4は描画位置測定方法を示す図、図5はフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図である。

【0018】まず、マスクプランクスに、マスクパターンを形成する(ST. 1)。

【0019】本例では、ポジ型化学增幅レジストが塗布してあるCrマスクプランクスに、0.60 μmのラインアンドスペースパターン(以下L/Sパターン)を描画、現像し、レジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをエッチングマスクとしてCr膜をエッチングし、Crパターン(マスクパターン)を形成した。Crパターン形成後のCrマスクの平面図を図2Aに、この図2A中の破線枠2B内の拡大図を図2Bに示す。

【0020】次に、マスクパターンの寸法を測定する(ST. 2)。

【0021】また、マスクパターンの描画位置を測定する(ST. 3)。

【0022】本例では、寸法測定の項目とし、Crパターン寸法の平均値と目標寸法値との差、及びCrパターン寸法の面内均一性を求めた。その結果は、平均値と目標寸法値との差が1.0 nm、面内均一性が2.0 nm(3σ)であった。

【0023】寸法測定方法の具体的な例は、図3Aに示すように、寸法測定ポイント10を、Crマスクの面内にマトリクス状に設定する。そして、図3Bに示すように、例えばCrパターンのライン幅寸法を、これらポイント10毎に測定することである。このようにして、寸法測定データをポイント10毎に得て、得られた寸法測定データから、Crパターン寸法の平均値と目標寸法値との差、及びCrパターン寸法の面内均一性を求める。

【0024】また、本例では、描画位置測定の項目とし、Crパターンの位置ずれの平均値、及び位置ずれのばらつきを求めた。その結果は、位置ずれの平均値が5 nm、位置ずれのばらつきが1.0 nm(3σ)であった。

【0025】この描画位置測定方法の具体的な例は、図

4に示すように、例えば十字形の位置測定用マーク11を、Crマスクの面内にマトリクス状に配置しておき、ターゲットとなる描画位置12と実際に描画された描画位置13とのずれ成分を、位置測定用マーク11毎に測定することである。このようにして、描画位置測定データをマーク11毎に得て、得られた描画位置測定データから、Crパターンの位置ずれの平均値、及び位置ずれのばらつきを求める。

【0026】次に、寸法測定結果から、このマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、寸法精度に起因する露光裕度1を求める(ST.4)。

【0027】本例では、寸法精度に起因する露光裕度1とし、ターゲットからのずれが全く無い完全なマスク(以下完全マスク)の露光量裕度からの劣化度合いを計算した。

【0028】この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する露光条件にし、KRFステッパー(露光波長248nm)、NA=0.68、 σ =0.75、輪帶遮蔽率2/3とした。

【0029】まず、完全マスクの露光裕度を計算した。この計算の結果、完全マスクの露光裕度は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5μm確保した場合、露光量裕度として15%得られる、であった(図5、①:露光裕度曲線(完全マスク)参照)。

【0030】また、Crマスクの露光裕度1は、計算の結果、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度は完全マスクの露光量裕度から9.4%劣化する(ΔEL_{cd})、であった(図5、②:露光裕度1曲線参照)。

【0031】また、描画位置測定結果から、同じくこのマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、描画位置精度に起因する露光裕度2を求める(ST.5)。

【0032】本例では、描画位置精度に起因する露光裕度2とし、完全マスクの露光量裕度からの劣化度合いを計算した。露光条件は、露光裕度1と同じである。

【0033】計算の結果、Crマスクの露光裕度2は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度は完全マスクの露光量裕度から2.6%劣化する(ΔEL_{pos})、であった(図5、③:露光裕度2曲線参照)。

【0034】次に、露光裕度1、2から、このマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の露光裕度を求める(ST.6)。

【0035】本例では、形成されたCrマスクの露光裕度とし、上記劣化度合い ΔEL_{cd} 及び ΔEL_{pos} から、トータルの劣化度合い ΔEL を計算した。この計算式の例は、次の通りである。

【0036】

$\Delta EL = \sqrt{(\Delta EL_{cd})^2 + (\Delta EL_{pos})^2}$
計算の結果、Crマスクの露光裕度は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度は完全マスクの露光量裕度から9.75%劣化する、であった。

【0037】このことから、Crマスクの露光裕度は、パターン寸法変動が10%以内で、フォーカス裕度を0.5μm確保した場合、露光量裕度を5.25%得ることができる、と求められた(図5、④:露光裕度曲線参照)。

【0038】次に、このマスクの露光裕度が、基準を満たしているか否かを判断する(ST.7)。

【0039】基準となる所望の露光裕度は、本例の場合、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5μm確保した場合、露光量裕度が5%以上、であった(図5、⑤:露光裕度曲線(良否ライン)参照)。

【0040】形成されたCrマスクの露光量裕度は、ST.6において求めた通り、5.25%である。このため、図5に示すように、Crマスクは基準を満たしている。よって、本Crマスクは良品である、と判断された。ちなみに、従来、このCrマスクの仕様値は、パターン寸法の面内均一性が16nm(3σ)以内である。よって、パターン寸法の面内均一性が仕様を満たさず、不良品として処分されていた。

【0041】この実施形態によれば、次のような効果がある。

【0042】従来では、パターン寸法の平均値及び面内均一性の仕様値が各々決められており、どちらかが仕様値を満たさない場合、不良品マスクとされていた。

【0043】しかし、この実施形態では、寸法精度に起因した露光裕度1及び描画位置精度に起因した露光裕度2から、形成されたマスクの露光裕度を求め、この求めた露光裕度が、基準となる所望の露光裕度を満たしているか否かで合否判断をする。このため、従来、不良品とされていたマスク、例えば、平均値は余裕を持って仕様値を満たすが、面内均一性は仕様値を満たさないマスクで、基準となる所望の露光裕度を満たすマスクを、新たに良品として救済でき、マスクの歩留まりを向上させることができる。

【0044】さらに本実施形態によれば、本件出願人による先願(特願2000-260285(平成12年8月30日出願))に比較し、マスクの露光裕度を、描画位置の測定データ、例えばCrパターンの位置ずれの平均値及び位置ずれのばらつき等を、さらに考慮して求めようとしていることから、より精度の高い合否判断が可能となる。

【0045】(第2実施形態)本第2実施形態が第1実施形態と特に異なるところは、ST.6における合否判断において、完全マスクの露光量裕度に代え、形成したCrマスクから寸法精度が良好なパターン、例えば寸法

平均値のずれが少ないパターンを抽出し、このパターンを実際にウェハに露光した結果から求めた露光量裕度を使用するようにしたことである。

【0046】図6はこの発明の第2実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図、図7はフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図である。

【0047】まず、図6に示すように、マスクブランクスに、マスクパターンを形成する(ST. 1)。

【0048】本例では、ポジ型化学増幅レジストが塗布してあるCrマスクブランクスに、0.60 μmのL/Sパターンを描画、現像し、レジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをエッチングマスクとしてCr膜をエッチングし、Crパターン(マスクパターン)を形成した。

【0049】次に、マスクパターンの寸法を測定する(ST. 2)。

【0050】また、マスクパターンの描画位置を測定する(ST. 3)。

【0051】本例では、寸法測定の項目とし、Crパターン寸法の平均値と目標寸法との差、及びCrパターン寸法の面内均一性を求めた。その結果は、平均値と目標寸法との差が10 nm、面内均一性が20 nm(3σ)であった。

【0052】また、本例では、描画位置測定の項目とし、Crパターンの位置ずれの平均値、及び位置ずれのばらつきを求めた。その結果は、位置ずれの平均値が5 nm、位置ずれのばらつきが10 nm(3σ)であった。

【0053】次に、寸法測定結果から、このマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、寸法精度に起因する露光量裕度1を求める(ST. 4)。

【0054】本例では、寸法精度に起因する露光量裕度1とし、完全マスクの露光量裕度からの劣化度合いを計算した。

【0055】この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する露光条件にし、KrFステッパー、NA=0.68、σ=0.75、輪帶遮蔽率2/3とした。

【0056】最初に完全マスクの露光量裕度を計算した。この計算の結果、完全マスクの露光量裕度は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、露光量裕度が15%得られる、であった(図7、①:露光量裕度曲線(完全マスク)参照)。

【0057】また、計算の結果、Crマスクの露光量裕度1は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度は、完全マスクの露光量裕度から9.4%劣化する(ΔELcd)、であった(図7、②:露光量裕度1曲線参照)。

【0058】また、描画位置測定結果から、同じくこのマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、

描画位置精度に起因する露光量裕度2を求める(ST. 5)。

【0059】露光量裕度1と同じ条件による計算の結果、描画位置精度に起因する露光量裕度2は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から2.6%劣化する(ΔELpos)、であった(図7、③:露光量裕度2曲線参照)。

【0060】次に、露光量裕度1、2から、このマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の露光量裕度を求める(ST. 6)。

【0061】本例では、形成されたCrマスクの露光量裕度とし、まず、劣化度合いΔELcd及びΔELposから、トータルの劣化度合いΔELを計算した。

【0062】計算の結果、形成されたCrマスクの露光量裕度は、パターン寸法変動が10%以内で、フォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から9.75%劣化する、であった。

【0063】また、このCrマスク上から、Crパターン寸法の平均値と目標寸法値とのずれが少ないパターンを抽出し、このパターンを、KrFステッパー、NA=0.68、σ=0.75、輪帶遮蔽率2/3の条件下で、実際にウェハ上に露光した。次いで、現像、エッチングプロセスを経てウェハ上に形成されたパターンの寸法を測定した。このように実際に露光した結果から、このCrマスクの、Crパターン寸法の平均値と目標寸法値とのずれが少ないパターンの露光量裕度は、フォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、露光量裕度が17%得られる、ことが分かった(図7、④:露光量裕度曲線(寸法精度が良好なパターン)参照)。

【0064】このことから、このCrマスクの露光量裕度は、フォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、露光量裕度を7.25%得ることができる、と求められた(図7、⑤:露光量裕度曲線参照)。

【0065】次に、このマスクの露光量裕度が、基準を満たしているか否かを判断する(ST. 7)。

【0066】基準となる所望の露光量裕度は、本例の場合、フォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、露光量裕度が4%以上、であった(図7、⑥:露光量裕度曲線(良否ライン)参照)。

【0067】形成されたCrマスクの露光量裕度は、ST. 6において求めた通り、7.25%である。このため、図7に示すように、本Crマスクは基準を満たしている。よって、本Crマスクは良品である、と判断された。ちなみに、従来、このCrマスクの仕様値は、パターン寸法の面内均一性が13 nm(3σ)以内である。よって、パターン寸法の面内均一性が仕様を満たさず、不良品として処分されていた。

【0068】この第2実施形態によれば、上記第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0069】さらに本第2実施形態によれば、上記第1実施形態に比較して、S T. 6における合否判断において、実際にウェハに露光した結果から求めた露光量裕度を使用するため、より実際の露光に即した合否判断が可能である。

【0070】(第3実施形態) 本第3実施形態は、この発明を、位相シフトマスク、特にハーフトーン型位相シフトマスクに適用した例である。

【0071】図8はこの発明の第3実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図、図9は工程S T. 4を示す図、図10は工程S T. 9を示す図、図11はフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図である。

【0072】まず、図8に示すように、マスクプランクスに、マスクパターンを形成する(S T. 1)。

【0073】本例では、ポジ型化学增幅レジストが塗布してあるハーフトーン型マスクプランクスに、0.52 μm のL/Sパターンと、隣接パターンとの距離が2.0 μm 離れている0.70 μm の孤立スペースラインを描画、現像し、レジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをエッチングマスクとしてCr膜及びハーフトーン膜をエッチングし、マスクパターンを形成した。

【0074】次に、マスクパターンの寸法を測定する(S T. 2)。

【0075】また、マスクパターンの描画位置を測定する(S T. 3)。

【0076】さらに、位相シフト膜の性質、本例ではハーフトーン型位相シフト膜の性質を測定する(S T. 8)。

【0077】本例では、寸法測定の項目とし、形成されたマスクパターンのスペース幅を測定し、スペース幅の平均値と目標寸法値との差、及びスペース幅の面内均一性を求めた。その結果は、スペース幅の平均値と目標寸法値との差が0.52 μm のL/Sパターンで-4nm、0.70 μm の孤立スペースパターンで+4nm、スペース幅の面内均一性が14nm(3 σ)であった。

【0078】また、本例では、描画位置測定の項目とし、マスクパターンの位置ずれのばらつきを求めた。その結果は、位置ずれのばらつきが3nm(3 σ)であった。

【0079】また、本例では、ハーフトーン型の位相シフト膜の性質測定の項目とし、位相シフト膜の透過率の平均値と目標透過率値との差、透過率のばらつき、位相差の平均値と目標位相差値との差、及び位相差のばらつきを求めた。その結果は、透過率の平均値の目標値からのずれが0.05%、透過率のばらつきが0.1%、位相差の平均値の目標値からのずれが6°、位相差のばらつきが5°(3 σ)であった。

【0080】次に、寸法測定結果から、このハーフトーン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、寸法精度に起因する露光裕度1を求める(S T. 4)。

10

20

40

50

【0081】本例では、図9に示すように、寸法精度のうち、スペース幅の平均値と目標寸法値との差に起因する露光裕度1Aと、スペース幅の面内均一性に起因する露光裕度1Bとを求める(S T. 4A、S T. 4B)。そして、露光裕度1Aとし、完全マスクの露光量裕度からの劣化度合いを計算した。この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する際の露光条件、例えばK r Fステッパー、NA=0.68、 σ =0.75、輪帯遮蔽率2/3である。

【0082】計算の結果、露光裕度1Aは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm 確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から0.39%劣化する、であった。

【0083】同じく、露光裕度1Bは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm 確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から6.5%劣化する、であった。

【0084】また、描画位置測定結果から、同じくこのハーフトーン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、描画位置精度に起因する露光裕度2を求める(S T. 5)。

【0085】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、露光裕度2は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm 確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から0.8%劣化する、であった。

【0086】さらに、ハーフトーン膜の性質測定結果から、同じくこのハーフトーン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、ハーフトーン型位相シフト膜の性質に起因する露光裕度3を求める(S T. 9)。

【0087】本例では、図10に示すように、位相シフト膜の性質のうち、位相シフト膜の透過率の平均値と目標透過率値との差に起因する露光裕度3Aと、透過率のばらつきに起因する露光裕度3Bと、位相差の平均値の目標位相差値との差に起因する露光裕度3Cと、位相差のばらつきに起因する露光裕度3Dとを求める(S T. 9A~S T. 9D)。

【0088】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、露光裕度3Aは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm 確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から0.055%劣化する、であった。

【0089】同じく、露光裕度3Bは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm 確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が

完全マスクの露光量裕度から0.33%劣化する、であった。

【0090】同じく、露光裕度3Cは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から0.017%劣化する、であった。

【0091】同じく、露光裕度3Dは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から0.12%劣化する、であった。

【0092】次に、露光裕度1A、1B、露光裕度2、及び露光裕度3A～3Dから、このマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の露光裕度を求める(ST.6)。

【0093】本例では、形成されたCrマスクの露光裕度として、露光裕度1A、1B、露光裕度2、及び露光裕度3A～3Dから、トータルの劣化度合いを計算した。

【0094】計算の結果、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から7.24%劣化する、であった。

【0095】また、本例では、第2実施形態と同様に、このハーフトーン型位相シフトマスク上から、Crパターン寸法の平均値と目標寸法値とのずれが少ないパターンを抽出し、このパターンを、KRFステッパー、NA=0.68、σ=0.75、輪帶遮蔽率2/3の条件下で、実際にウェハ上に露光し、ウェハ上に形成されたパターンの寸法を測定した。この実際に露光した結果から、このハーフトーン型位相シフトマスクのCrパターン寸法の平均値と目標寸法値とのずれが少ないパターンの露光裕度は、フォーカス裕度を0.4μm確保した場合、露光量裕度として12%得られる、ことが分かった。

【0096】このことから、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光裕度は、フォーカス裕度を0.4μm確保した場合、露光量裕度として4.76%得ることができる、と求められた。

【0097】次に、このマスクの露光裕度が、基準を満たしているか否かを判断する(ST.7)。

【0098】基準となる所望の露光裕度は、本例の場合、フォーカス裕度を0.4μm確保した場合、露光量裕度として4%以上、であった。

【0099】形成されたハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度は、ST.6において求めた通り、4.76%であり、図11に示すように、このハーフトーン型位相シフトマスクは基準を満たす。よって、このハーフトーン型位相シフトマスクは良品である、と判断され

た。ちなみに、従来、このハーフトーン型位相シフトマスクの仕様値は、パターン寸法の面内均一性が13nm(3σ)以内である。よって、パターン寸法の面内均一性が仕様を満たさず、不良品として処分されていた。

【0100】この第3実施形態によれば、上記第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0101】(第4実施形態)図12はこの発明の第4実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図、図13はフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図である。

【0102】まず、図12に示すように、マスクプランクスに、マスクパターンを形成する(ST.1)。

【0103】本例では、ポジ型化学增幅レジストが塗布してあるCrマスクプランクスに、0.60μmのL/Sパターンを描画、現像し、レジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをエッチングマスクとしてCr膜をエッチングし、Crパターン(マスクパターン)を形成した。

【0104】次に、マスクパターンの寸法を測定する(ST.2)。

【0105】また、マスクパターンの描画位置を測定する(ST.3)。

【0106】本例では、寸法測定の項目とし、Crパターン寸法の平均値と目標寸法との差、及びCrパターン寸法の面内均一性を求めた。その結果は、平均値と目標寸法値との差が10nm、面内均一性が20nm(3σ)であった。

【0107】また、本例では、描画位置測定の項目とし、Crパターンの位置ずれの平均値、位置ずれのばらつき、フォトマスク全体の伸縮成分、フォトマスク全体の直交ずれ成分、及びフォトマスク全体の局所位置ずれ量を求めた。その結果は、位置ずれの平均値が5nm、位置ずれのばらつきが10nm(3σ)、伸縮成分及び直交ずれ成分がともに1.5ppm、局所位置ずれ量は15nm(3σ)であった。

【0108】次に、寸法測定結果から、このCrマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、寸法精度に起因する露光裕度1を求める(ST.4)。

【0109】本例では、寸法精度のうち、Crパターン寸法の平均値と目標寸法値との差に起因する露光裕度1Aと、Crパターン寸法の面内均一性に起因する露光裕度1Bとを求めた。そして、露光裕度1Aとして、完全マスクの露光量裕度からの劣化度合いを計算した。この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する際の露光条件、例えばKRFステッパー、NA=0.68、σ=0.75、輪帶遮蔽率2/3である。

【0110】計算の結果、露光裕度1Aは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から9.4%劣化する、であった。

【0111】同じく、計算の結果、露光裕度1Bは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から0.3%劣化する、であった。

【0112】また、描画位置測定結果から、同じくこのマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、描画位置精度に起因する露光裕度2を求める(ST. 5)。

【0113】露光裕度1A、1Bと同じ条件による計算の結果、描画位置精度に起因する露光裕度2は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から2.6%劣化する、であった。

【0114】次に、露光裕度1A、1B、及び露光裕度2から、このマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の露光裕度を求める(ST. 6)。

【0115】本例では、形成されたCrマスクの露光裕度として、露光裕度1A、1B、及び露光裕度2として求められた3つの劣化度合いから、トータルの劣化度合いを計算した。

【0116】計算の結果、Crマスクの露光裕度は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から10%劣化する、であった。

【0117】また、本例では、第2実施形態と同様に、このCrマスク上から、Crパターン寸法の平均値と目標寸法値とのずれが少ないパターンを抽出し、このパターンを、KrFステッパー、NA=0.68, σ=0.75、輪帶遮蔽率2/3の条件にて、実際にウェハ上に露光し、ウェハ上に形成されたパターンの寸法を測定した。この実際に露光した結果から、このCrマスクの、Crパターン寸法の平均値と目標寸法値とのずれが少ないパターンの露光裕度は、フォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、露光量裕度として17%得られる、ことが分かった。

【0118】このことから、Crマスクの露光裕度は、フォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、露光量裕度として7%得ることができる、と求められた。

【0119】次に、このマスクの露光裕度が、基準を満たしているか否かを判断する(ST. 7)。

【0120】基準となる所望の露光裕度は、本例の場合、フォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、露光量裕度として5%以上、であった。

【0121】形成されたCrマスクの露光量裕度は、ST. 6において求めた通り、7%であり、図13に示すように、このCrマスクは基準を満たす。よって、このCrマスクは良品である、と判断された。

【0122】このような第4実施形態においても、上記第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0123】(第5実施形態)図14はこの発明の第5 50

実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図、図15はフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図である。

【0124】まず、図14に示すように、マスクプランクスに、マスクパターンを形成する(ST. 1)。

【0125】本例では、ポジ型化学增幅レジストが塗布してあるハーフトーン型マスクプランクスに、0.70 μmの孤立ラインパターンを描画、現像し、レジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをエッチングマスクとしてハーフトーン膜をエッチングし、マスクパターンを形成した。

【0126】次に、マスクパターンの寸法を測定する(ST. 2)。

【0127】また、マスクパターンの描画位置を測定する(ST. 3)。

【0128】さらに、位相シフト膜の性質、本例ではハーフトーン型の位相シフト膜の性質を測定する(ST. 8)。

【0129】本例では、寸法測定の項目とし、形成されたマスクパターン寸法の平均値と目標寸法値との差、及びマスクパターン寸法の面内均一性を求めた。その結果は、マスクパターン寸法の平均値と目標寸法値との差が10 nm、面内均一性が13 nm(3σ)であった。

【0130】また、本例では、描画位置測定の項目とし、マスクパターンの位置ずれの平均値、及び位置ずれのばらつきを求めた。その結果は、位置ずれの平均値が5 nm、位置ずれのばらつきが10 nm(3σ)であった。

【0131】また、本例では、ハーフトーン型の位相シフト膜の性質測定の項目とし、位相シフト膜の透過率の平均値と目標透過率値との差、透過率の面内均一性(目標透過率からのずれ量)、位相差の平均値と目標位相差値との差、及び位相差の面内均一性を求めた。その結果は、透過率の平均値の目標透過率値との差が-0.5%、透過率の面内均一性が0.7%(3σ)、位相差の平均値の目標位相差値との差が5°、位相差の面内均一性が7°であった。

【0132】次に、寸法測定結果から、このハーフトーン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、寸法精度に起因する露光裕度1を求める(ST. 4)。

【0133】本例では、寸法精度のうち、マスクパターン寸法の平均値と目標寸法値との差に起因する露光裕度1Aと、マスクパターン寸法の面内均一性に起因する露光裕度1Bとを求めた。そして、露光裕度1Aとし、完全マスクの露光量裕度からの劣化度合いを計算した。この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する際の露光条件、例えばKrFステッパー、NA=0.55, σ=0.75、輪帶遮蔽率2/3である。

【0134】計算の結果、露光裕度1Aは、パターン寸

法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から3.2%劣化する、であった。

【0135】同じく、露光裕度1Bは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から3.3%劣化する、であった。

【0136】また、描画位置測定結果から、同じくこのハーフトーン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、描画位置精度に起因する露光裕度2を求める(ST.5)。

【0137】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、露光裕度2は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から2.6%劣化する、であった。

【0138】さらに、位相シフト膜の性質測定結果から、同じくこのハーフトーン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、位相シフト膜の性質に起因する露光裕度3を求める(ST.9)。

【0139】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、露光裕度3は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から2.1%劣化する、であった。

【0140】次に、露光裕度1A、1B、露光裕度2、及び露光裕度3から、このマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の露光裕度を求める(ST.6)。

【0141】本例では、形成されたハーフトーン型位相シフトマスクの露光裕度として、露光裕度1A、1B、露光裕度2、及び露光裕度3から、トータルの劣化度合いを計算した。

【0142】計算の結果、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から8.1%劣化する、であった。

【0143】また、完全マスクの露光裕度は、計算の結果、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、露光量裕度として9.6%得られる、であったことから、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光裕度は、フォーカス裕度を0.4μm確保した場合、露光量裕度として1.5%得ることができる、と求められた。

【0144】次に、このマスクの露光裕度が、基準を満たしているか否かを判断する(ST.7)。

【0145】基準となる所望の露光裕度は、本例の場合、フォーカス裕度を0.4μm確保した場合、露光量

裕度として4%以上、であった。

【0146】形成されたハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度は、ST.6において求めた通り、1.5%であり、図15に示すように、このハーフトーン型位相シフトマスクは基準を満たさない。よって、このハーフトーン型位相シフトマスクは不良品である、と判断された。

【0147】(第6実施形態)図16はこの発明の第6実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図、図17はフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図である。

【0148】まず、図16に示すように、マスクプランクスに、マスクパターンを形成する(ST.1)。

【0149】本例では、ポジ型化学增幅レジストが塗布してあるCrマスクプランクスに、0.52μmのL/Sパターンを描画、現像し、レジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをエッチングマスクとしてCr膜をエッチングしてCrパターン(マスクパターン)を形成する。さらに隣り合うCrパターンが理想的には180°の位相差を持つように加工し、いわゆるレベンソン型位相シフトマスクを形成した。

【0150】次に、マスクパターンの寸法を測定する(ST.2)。

【0151】また、マスクパターンの描画位置を測定する(ST.3)。

【0152】さらに、位相シフト膜の性質を測定する。本例では、レベンソン型位相シフト膜の性質を測定する(ST.8)。

【0153】本例では、寸法測定の項目とし、Crパターン寸法の平均値と目標寸法との差、及びCrパターン寸法の面内均一性を求めた。その結果は、平均値と目標寸法との差が10nm、面内均一性が20nm(3σ)であった。

【0154】また、本例では、描画位置測定の項目とし、Crパターンの位置ずれの平均値、及び位置ずれのばらつきを求めた。その結果は、位置ずれの平均値が5nm、位置ずれのばらつきが10nm(3σ)であった。

【0155】また、本例では、レベンソン型の位相シフト膜の性質測定の項目とし、位相シフト膜の位相差の平均値と目標位相差値、及び位相差の面内均一性を求めた。その結果は、位相差の平均値の目標位相差値との差が5°、位相差の面内均一性が7°であった。

【0156】次に、寸法測定結果から、このレベンソン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、寸法精度に起因する露光裕度1を求める(ST.4)。

【0157】本例では、寸法精度のうち、Crパターンの平均値と目標寸法値との差に起因する露光裕度1Aと、Crパターンの面内均一性に起因する露光裕度1B

とを求めた。そして、露光裕度1Aとし、完全マスクの露光量裕度からの劣化度合いを計算した。この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する際の露光条件、例えばArFステッパー、NA=0.60、 σ =0.30、輪帯遮蔽無しである。

【0158】計算の結果、露光裕度1Aは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、レベンソン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から2.5%劣化する、であった。

【0159】同じく露光裕度1Bは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、レベンソン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から3.3%劣化する、であった。

【0160】また、描画位置測定結果から、同じくこのレベンソン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、描画位置精度に起因する露光裕度2を求める(ST.5)。

【0161】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、露光裕度2は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、レベンソン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から2.6%劣化する、であった。

【0162】さらに、位相シフト膜の性質測定結果から、同じくこのレベンソン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、位相シフト膜の性質に起因する露光裕度3を求める(ST.9)。

【0163】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、露光裕度3は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、レベンソン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から2.1%劣化する、であった。

【0164】次に、露光裕度1A、1B、露光裕度2、及び露光裕度3から、このマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の露光裕度を求める(ST.6)。

【0165】本例では、形成されたレベンソン型位相シフトマスクの露光裕度として、露光裕度1A、1B、露光裕度2、及び露光裕度3から、トータルの劣化度合いを計算した。

【0166】計算の結果、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、レベンソン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から7.6%劣化する、であった。

【0167】また、完全マスクの露光裕度は、計算の結果、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、露光量裕度として1.6%得られる、であったことから、レベンソン型位相シフトマスクの露光裕度は、フォーカス裕度を0.4μm確保した場合、露光量裕度として8.4%得ることができ

10

20

30

40

50

る、と求められた。

【0168】次に、このマスクの露光裕度が、基準を満たしているか否かを判断する(ST.7)。

【0169】基準となる所望の露光裕度は、本例の場合、フォーカス裕度を0.4μm確保した場合、露光量裕度として4%以上、であった。

【0170】形成されたレベンソン型位相シフトマスクの露光量裕度は、ST.6において求めた通り、8.4%であり、図17に示すように、このレベンソン型位相シフトマスクは基準を満たす。よって、このレベンソン型位相シフトマスクは良品である、と判断された。

【0171】このような第6実施形態においても、上記第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0172】(第7実施形態)図18はこの発明の第7実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図、図19はフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図である。

【0173】まず、図18に示すように、マスクプランクスに、マスクパターンを形成する(ST.1)。

【0174】本例では、ポジ型化学增幅レジストが塗布してあるCrマスクプランクスに、0.6μmのL/Sパターンを描画、現像し、レジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをエッチングマスクとしてCr膜をエッチングし、Crパターン(マスクパターン)を形成した。

【0175】次に、マスクパターンの寸法を測定する(ST.2)。

【0176】また、マスクパターンの描画位置を測定する(ST.3)。

【0177】さらに、本例では、形成されたCrマスクの欠陥検査を行う(ST.10)。本例では、寸法測定の項目とし、Crパターン寸法の平均値と目標寸法との差、及びCrパターン寸法の面内均一性を求めた。その結果は、平均値と目標寸法との差が10nm、面内均一性が20nm(3σ)であった。

【0178】また、本例では、描画位置測定の項目とし、Crパターンの位置ずれの平均値、及び位置ずれのばらつきを求めた。その結果は、位置ずれの平均値が5nm、位置ずれのばらつきが10nm(3σ)であった。

【0179】また、本例では、欠陥検査において、面積が10000nm²の不透明な異物が発見された。不透明な異物とは所望マスク形状と形が違うところであり、欠陥である。

【0180】次に、寸法測定結果から、このマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、寸法精度に起因する露光裕度1を求める(ST.4)。

【0181】本例では、寸法精度に起因する露光裕度1とし、完全マスクの露光量裕度からの劣化度合いを計算した。

【0182】この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する露光条件にし、KrFステッパー、NA = 0.68、σ = 0.75、輪帯遮蔽率2/3とした。

【0183】計算の結果、Crマスクの露光裕度1は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度は、完全マスクの露光量裕度から9.4%劣化する、であった。

【0184】また、描画位置測定結果から、同じくこのマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、描画位置精度に起因する露光裕度2を求める(ST. 5)。

【0185】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、描画位置精度に起因する露光裕度2は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から2.6%劣化する、であった。

【0186】さらに、欠陥に起因する露光裕度4を求める(ST. 11)。

【0187】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、欠陥に起因する露光裕度4は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から1%劣化する、であった。

【0188】次に、露光裕度1、露光裕度2、及び露光裕度4から、このマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の露光裕度を求める(ST. 6)。

【0189】本例では、形成されたCrマスクの露光裕度として、露光裕度1、露光裕度2、及び露光裕度3として求められた3つの劣化度合いから、トータルの劣化度合いを計算した。

【0190】計算の結果、形成されたCrマスクの露光裕度は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から10.5%劣化する、であった。

【0191】また、完全マスクの露光裕度は、計算の結果、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、露光量裕度として15%得られる、であったことから、Crマスクの露光裕度は、フォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、露光量裕度として4.3%得ることができる、と求められた。

【0192】次に、このマスクの露光裕度が、基準を満たしているか否かを判断する(ST. 7)。

【0193】基準となる所望の露光裕度は、本例の場合、フォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、露光量裕度として5%以上、であった。

【0194】形成されたCrマスクの露光量裕度は、ST. 6において求めた通り、4.3%であり、図19に示すように、このCrマスクは基準を満たさない。よって、このCrマスクは不良品である、と判断された。

【0195】(第8実施形態)図20はこの発明の第8実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図、図21はフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図である。

【0196】まず、図20に示すように、マスクブランクスに、マスクパターンを形成する(ST. 1)。

【0197】本例では、ポジ型化学增幅レジストが塗布してあるハーフトーン型マスクブランクスに、0.7 μmの孤立ラインパターンを描画、現像し、レジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをエッチングマスクとしてハーフトーン膜をエッチングし、マスクパターンを形成した。

【0198】次に、マスクパターンの寸法を測定する(ST. 2)。

【0199】また、マスクパターンの描画位置を測定する(ST. 3)。

【0200】また、位相シフト膜の性質、本例ではハーフトーン型の位相シフト膜の性質を測定する(ST. 8)。

【0201】さらに、形成されたハーフトーン型位相シフトマスクの欠陥検査を行う(ST. 10)。

【0202】本例では、寸法測定の項目とし、形成されたマスクパターン寸法の平均値と目標寸法値との差、及びマスクパターン寸法の面内均一性を求めた。その結果は、マスクパターン寸法の平均値と目標寸法値との差が10 nm、面内均一性が5 nm(3σ)であった。

【0203】また、本例では、描画位置測定の項目とし、マスクパターンの位置ずれの平均値、及び位置ずれのばらつきを求めた。その結果は、位置ずれの平均値が5 nm、位置ずれのばらつきが10 nm(3σ)であった。

【0204】また、本例では、ハーフトーン型の位相シフト膜の性質測定の項目とし、位相シフト膜の透過率の平均値と目標透過率値との差、透過率の面内均一性(目標透過率からのはずれ量)、位相差の平均値と目標位相差値との差、及び位相差の面内均一性を求めた。その結果は、透過率の平均値の目標透過率値との差が-0.5%、透過率の面内均一性が0.7%(3σ)、位相差の平均値の目標位相差値との差が5°、位相差の面内均一性が7°であった。

【0205】また、本例では、欠陥検査工程において、面積が40000 nm²のピンホールが発見された。このため、欠陥修正装置にて、欠陥、本例ではピンホールを修正した(ST. 12)。

【0206】次に、修正部分の面積と透過率とを測定する(ST. 13)。

【0207】本例では、修正したピンホール部分の面積と透過率とを測定したところ、修正したピンホール部分の面積が44000 nm²、透過率が0%であった。

【0208】次に、寸法測定結果から、このハーフトーン

ン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、寸法精度に起因する露光裕度1を求める(S T. 4)。

【0209】本例では、寸法精度のうち、寸法の平均値と目標寸法値との差に起因する露光裕度1Aと、寸法の面内均一性に起因する露光裕度1Bとを求めた。そして、露光裕度1Aとし、完全マスクの露光量裕度からの劣化度合いを計算した。この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する際の露光条件、例えばA r Fステッパ、NA=0.60、 $\sigma=0.75$ 、輪帯遮蔽率2/3である。

【0210】計算の結果、露光裕度1Aは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から1.7%劣化する、であった。

【0211】同じく、露光裕度1Bは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から1.1%劣化する、であった。

【0212】また、描画位置測定結果から、同じくこのハーフトーン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、描画位置精度に起因する露光裕度2を求める(S T. 5)。

【0213】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、露光裕度2は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から2.6%劣化する、であった。

【0214】また、位相シフト膜の性質測定結果から、同じくこのハーフトーン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、位相シフト膜の性質に起因する露光裕度3を求める(S T. 9)。

【0215】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、露光裕度3は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から2.1%劣化する、であった。

【0216】さらに、欠陥修正に起因する露光裕度5を求める(S T. 14)。

【0217】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、欠陥修正に起因する露光裕度5は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から1%劣化する、であった。

【0218】次に、露光裕度1A、1B、露光裕度2、露光裕度3、及び露光裕度5から、このマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の露光裕度を求める(S T. 6)。

10

20

30

40

50

【0219】本例では、形成されたハーフトーン型位相シフトマスクの露光裕度として、露光裕度1A、1B、露光裕度2、露光裕度3、及び露光裕度5から、トータルの劣化度合いを計算した。

【0220】計算の結果、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から5.4%劣化する、であった。

【0221】また、完全マスクの露光裕度は、計算の結果、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4μm確保した場合、露光量裕度として11%得られる、であったことから、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光裕度は、フォーカス裕度を0.4μm確保した場合、露光量裕度として5.6%得ることができる、と求められた。

【0222】次に、このマスクの露光裕度が、基準を満たしているか否かを判断する(S T. 7)。

【0223】基準となる所望の露光裕度は、本例の場合、フォーカス裕度を0.4μm確保した場合、露光量裕度として4%以上、であった。

【0224】形成されたハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度は、S T. 6において求めた通り、5.6%であり、図21に示すように、このハーフトーン型位相シフトマスクは基準を満たす。よって、このハーフトーン型位相シフトマスクは良品である、と判断された。

【0225】このような第8実施形態においても、上記第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0226】(第9実施形態)図22はこの発明の第9実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図、図23はフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図である。

【0227】まず、図22に示すように、マスクプランクスに、マスクパターンを形成する(S T. 1)。

【0228】本例では、ポジ型化学增幅レジストが塗布してあるハーフトーン型マスクプランクスに、0.7μmの孤立ラインパターンを描画、現像し、レジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをエッティングマスクとしてハーフトーン膜をエッティングし、マスクパターンを形成した。

【0229】次に、マスクパターンの寸法を測定する(S T. 2)。

【0230】また、マスクパターンの描画位置を測定する(S T. 3)。

【0231】また、位相シフト膜の性質、本例ではハーフトーン型の位相シフト膜の性質を測定する(S T. 8)。

【0232】さらに、形成されたハーフトーン型位相シフトマスクの欠陥検査を行う(S T. 10)。

【0233】本例では、寸法測定の項目とし、形成され

たマスクパターン寸法の平均値と目標寸法値との差、及びマスクパターン寸法の面内均一性を求めた。その結果は、マスクパターン寸法の平均値と目標寸法値との差が10 nm、面内均一性が5 nm (3σ) であった。

【0234】また、本例では、描画位置測定の項目とし、マスクパターンの位置ずれの平均値、及び位置ずれのばらつきを求めた。その結果は、位置ずれの平均値が5 nm、位置ずれのばらつきが10 nm (3σ) であった。

【0235】また、本例では、ハーフトーン型の位相シフト膜の性質測定の項目とし、位相シフト膜の透過率の平均値と目標透過率との差、透過率の面内均一性（目標透過率からのずれ量）、位相差の平均値と目標位相差値との差、及び位相差の面内均一性を求めた。その結果は、透過率の平均値の目標透過率との差が-0.5%、透過率の面内均一性が0.7% (3σ) 、位相差の平均値の目標位相差値との差が5°、位相差の面内均一性が7° であった。

【0236】また、本例では、欠陥検査工程において、縦が200 nm、幅が200 nmのピンホールが発見された。このため、欠陥修正装置にて欠陥を修正、本例ではピンホールを修正した (ST. 12)。

【0237】次に、修正部分の大きさと透過率とを測定する (ST. 13)。

【0238】本例では、修正したピンホール部分の大きさと透過率とを測定したところ、修正したピンホール部分の大きさが縦200 nm、幅が220 nm、透過率が0% であった。

【0239】次に、寸法測定結果から、このハーフトーン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、寸法精度に起因する露光裕度1を求める (ST. 4)。

【0240】本例では、寸法精度のうち、寸法の平均値と目標寸法値との差に起因する露光裕度1Aと、寸法の面内均一性に起因する露光裕度1Bとを求めた。そして、露光裕度1Aとし、完全マスクの露光量裕度からの劣化度合いを計算した。この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する際の露光条件、例えばAr Fステッパー、NA=0.60、σ=0.75、輪帯遮蔽率2/3である。

【0241】計算の結果、露光裕度1Aは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から1.7%劣化する、であった。

【0242】同じく、露光裕度1Bは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から1.1%劣化する、であった。

【0243】また、描画位置測定結果から、同じくこのハーフトーン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、描画位置精度に起因する露光裕度2を求める (ST. 5)。

【0244】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、露光裕度2は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から2.6%劣化する、であった。

【0245】また、位相シフト膜の性質測定結果から、同じくこのハーフトーン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、位相シフト膜の性質に起因する露光裕度3を求める (ST. 9)。

【0246】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、露光裕度3は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から2.1%劣化する、であった。

【0247】さらに、欠陥修正に起因する露光裕度5を求める (ST. 14)。

【0248】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、欠陥修正に起因する露光裕度5は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から1%劣化する、であった。

【0249】次に、露光裕度1A、1B、露光裕度2、露光裕度3、及び露光裕度5から、このマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の露光裕度を求める (ST. 6)。

【0250】本例では、形成されたハーフトーン型位相シフトマスクの露光裕度として、露光裕度1A、1B、露光裕度2、露光裕度3、及び露光裕度5から、トータルの劣化度合いを計算した。

【0251】計算の結果、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から5.4%劣化する、であった。

【0252】また、完全マスクの露光裕度は、計算の結果、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm確保した場合、露光量裕度として11%得られる、であったこのことから、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光裕度は、フォーカス裕度を0.4 μm確保した場合、露光量裕度として5.6%得ることができる、と求められた。

【0253】次に、このマスクの露光裕度が、基準を満たしているか否かを判断する (ST. 7)。

【0254】基準となる所望の露光裕度は、本例の場合、フォーカス裕度を0.4 μm確保した場合、露光量裕度として4%以上、であった。

【0255】形成されたハーフトーン型位相シフトマス

クの露光量裕度は、S.T. 6において求めた通り、5.6%であり、図23に示すように、このハーフトーン型位相シフトマスクは基準を満たす。よって、このハーフトーン型位相シフトマスクは良品である、と判断された。

【0256】このような第9実施形態においても、上記第1実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0257】(第10実施形態)図24はこの発明の第10実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図、図25はフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図である。

【0258】まず、図24に示すように、マスクプランクスに、マスクパターンを形成する(S.T. 1)。

【0259】本例では、ボジ型化学増幅レジストが塗布してあるハーフトーン型マスクプランクスに、0.70 μm の孤立ラインパターンを描画、現像し、レジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをエッ칭ングマスクとしてハーフトーン膜をエッ칭し、マスクパターンを形成した。

【0260】次に、マスクパターンの寸法を測定する(S.T. 2)。

【0261】また、マスクパターンの描画位置を測定する(S.T. 3)。

【0262】また、位相シフト膜の性質、本例ではハーフトーン型の位相シフト膜の性質を測定する(S.T. 8)。

【0263】さらに、形成されたハーフトーン型位相シフトマスクの欠陥検査を行う(S.T. 10)。

【0264】本例では、寸法測定の項目とし、形成されたマスクパターン寸法の平均値と目標寸法値との差、及びマスクパターン寸法の面内均一性を求めた。その結果は、マスクパターン寸法の平均値と目標寸法値との差が1.0 nm、面内均一性が5 nm(3 σ)であった。

【0265】また、本例では、描画位置測定の項目とし、マスクパターンの位置ずれの平均値、及び位置ずれのばらつきを求めた。その結果は、位置ずれの平均値が5 nm、位置ずれのばらつきが1.0 nm(3 σ)であった。

【0266】また、本例では、ハーフトーン型の位相シフト膜の性質測定の項目とし、位相シフト膜の透過率の平均値と目標透過率との差、透過率の面内均一性(目標透過率からのずれ量)、位相差の平均値と目標位相差値との差、及び位相差の面内均一性を求めた。その結果は、透過率の平均値の目標透過率との差が-0.5%、透過率の面内均一性が0.7%(3 σ)、位相差の平均値の目標位相差値との差が5°、位相差の面内均一性が7°であった。

【0267】また、本例では、欠陥検査工程において、面積が50000 nm²の不透明な異物が発見された。このため、欠陥修正装置にて欠陥、本例では不透明な異

物を修正した(S.T. 12)。

【0268】次に、修正部分の面積と透過率とを測定する(S.T. 13)。

【0269】面積と透過率とを測定したところ、修正部分の面積が30000 nm²、透過率が96%であった。

【0270】次に、寸法測定結果から、このハーフトーン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、寸法精度に起因する露光裕度1を求める(S.T. 4)。

【0271】本例では、寸法精度のうち、寸法の平均値と目標寸法値との差に起因する露光裕度1Aと、寸法の面内均一性に起因する露光裕度1Bとを求めた。そして、露光裕度1Aとし、完全マスクの露光量裕度からの劣化度合いを計算した。この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する際の露光条件、例えばA_r Fステッパー、NA=0.55、 σ =0.75、輪帯遮蔽率2/3である。

【0272】計算の結果、露光裕度1Aは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm 確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から3.2%劣化する、であった。

【0273】同じく、露光裕度1Bは、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm 確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から1.3%劣化する、であった。

【0274】また、描画位置測定結果から、同じくこのハーフトーン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、描画位置精度に起因する露光裕度2を求める(S.T. 5)。

【0275】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、露光裕度2は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm 確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から2.6%劣化する、であった。

【0276】また、位相シフト膜の性質測定結果から、同じくこのハーフトーン型位相シフトマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、位相シフト膜の性質に起因する露光裕度3を求める(S.T. 9)。

【0277】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、露光裕度3は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm 確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から2.1%劣化する、であった。

【0278】さらに、欠陥修正に起因する露光裕度5を求める(S.T. 14)。

【0279】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、欠陥修正に起因する露光裕度5は、パターン寸法変動が

10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から1.5%劣化する、であった。

【0280】次に、露光裕度1A、1B、露光裕度2、露光裕度3、及び露光裕度5から、このマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の露光裕度を求める(ST. 6)。

【0281】本例では、形成されたハーフトーン型位相シフトマスクの露光裕度として、露光裕度1A、1B、露光裕度2、露光裕度3、及び露光裕度5から、トータルの劣化度合いを計算した。

【0282】計算の結果、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm確保した場合、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から7.6%劣化する、であった。

【0283】また、完全マスクの露光裕度は、計算の結果、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.4 μm確保した場合、露光量裕度として9.6%得られる、であったことから、ハーフトーン型位相シフトマスクの露光裕度は、フォーカス裕度を0.4 μm確保した場合、露光量裕度として2.0%得ることができる、と求められた。

【0284】次に、このマスクの露光裕度が、基準を満たしているか否かを判断する(ST. 7)。

【0285】基準となる所望の露光裕度は、本例の場合、フォーカス裕度を0.4 μm確保した場合、露光量裕度として4%以上、であった。

【0286】形成されたハーフトーン型位相シフトマスクの露光量裕度は、ST. 6において求めた通り、2.0%であり、図25に示すように、このハーフトーン型位相シフトマスクは基準を満たさない。よって、このハーフトーン型位相シフトマスクは不良品である、と判断された。

【0287】しかしながら、このハーフトーン型位相シフトマスクを用いるカスタマーが、このマスクを用いる場合の工程管理条件、例えばこのマスクからウェハにパターンを転写する工程に用いられる露光装置の露光量の管理回数等、QCの回数を2ロットに1回だったのを、1ロット毎に行なうなど、厳密化することを実施する(ST. 15)。

【0288】このように露光量管理の回数等、工程管理条件を厳密化することにより、図26に示すように、必要な露光量は2%で良いことになった。

【0289】従って、このハーフトーン型位相シフトマスクは、カスタマーの工程管理条件を厳密化することで基準を満たすようになり、良品と判断された(ST. 16)。

【0290】(第11実施形態) 図27はこの発明の第11実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ

図、図28はフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図である。

【0291】まず、図27に示すように、マスクプランクスに、マスクパターンを形成する(ST. 1)。

【0292】本例では、ポジ型化学増幅レジストが塗布してあるCrマスクプランクスに、0.60 μmのL/Sパターンを描画、現像し、レジストパターンを形成した。次いで、このレジストパターンをエッチングマスクとしてCr膜をエッチングし、Crパターン(マスクパターン)を形成した。

【0293】次に、マスクパターンの寸法を測定する(ST. 2)。

【0294】また、マスクパターンの描画位置を測定する(ST. 3)。

【0295】さらに、本例では、形成されたCrマスクの欠陥検査を行う(ST. 10)。本例では、寸法測定の項目とし、Crパターン寸法の平均値と目標寸法との差、及びCrパターン寸法の面内均一性を求めた。その結果は、平均値と目標寸法との差が10 nm、面内均一性が25 nm(3σ)であった。

【0296】また、本例では、描画位置測定の項目とし、Crパターンの位置ずれの平均値、及び位置ずれのばらつきを求めた。その結果は、位置ずれの平均値が5 nm、位置ずれのばらつきが10 nm(3σ)であった。

【0297】また、本例では、欠陥検査において、面積が100 nm²の不透明な異物が発見された。

【0298】次に、寸法測定結果から、このマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、寸法精度に起因する露光裕度1を求める(ST. 4)。

【0299】本例では、寸法精度に起因する露光裕度1とし、完全マスクの露光量裕度からの劣化度合いを計算した。

【0300】この計算に用いた露光条件は、実際にそのマスクを使用する露光条件にし、K_rFステップ、NA=0.68、σ=0.75、輪帯遮蔽率2/3とした。

【0301】計算の結果、Crマスクの露光裕度1は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度は、完全マスクの露光量裕度から9.4%劣化する、であった。

【0302】また、描画位置測定結果から、同じくこのマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の、描画位置精度に起因する露光裕度2を求める(ST. 5)。

【0303】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、描画位置精度に起因する露光裕度2は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から2.6%劣化する、であった。

【0304】さらに、欠陥に起因する露光裕度4を求め

る (S T. 11)。

【0305】露光裕度1と同じ条件による計算の結果、欠陥に起因する露光裕度4は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から1%劣化する、であった。

【0306】次に、露光裕度1、露光裕度2、及び露光裕度4から、このマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の露光裕度を求める (S T. 6)。

【0307】本例では、形成されたCrマスクの露光裕度として、露光裕度1、露光裕度2、及び露光裕度4として求められた3つの劣化度合いから、トータルの劣化度合いを計算した。

【0308】計算の結果、形成されたCrマスクの露光裕度は、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、Crマスクの露光量裕度が完全マスクの露光量裕度から11.0%劣化する、であった。

【0309】また、完全マスクの露光裕度は、計算の結果、パターン寸法変動が10%以内でフォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、露光量裕度として15%得られる、であったことから、Crマスクの露光裕度は、フォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、露光量裕度として4%得ることができる、と求められた。

【0310】次に、このマスクの露光裕度が、基準を満たしているか否かを判断する (S T. 7)。

【0311】基準となる所望の露光裕度は、本例の場合、フォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、露光量裕度として5%以上、であった。

【0312】形成されたCrマスクの露光量裕度は、S T. 6において求めた通り、4.3%であり、図28に示すように、このCrマスクは基準を満たさない。よって、このCrマスクは不良品である、と判断された。

【0313】しかしながら、欠陥のある部位に対応したデバイスの部分を、例えば半導体メモリの分野で利用されるリダンダンシ技術等を用いて切断するようにし、デバイス的に機能しない部分とした (S T. 17)。

【0314】これにより、このCrマスクに関しては、欠陥は問題のないものになった。

【0315】そして、欠陥に起因する露光裕度4を除いて、寸法精度に起因する露光裕度1、及び描画位置精度に起因する露光裕度2から、このマスクを用いてウェハ上にパターンを転写する場合の露光裕度を、再度求める (S T. 18)。

【0316】この結果、Crマスクの露光裕度は、フォーカス裕度を0.5 μm確保した場合、露光量裕度として5%得ることができる、と求められた。

【0317】従って、このCrマスクは、欠陥のある部位に対応したデバイスの部分を、デバイス的に機能しない部位とすることで基準を満たすようになり、良品と判

断された (S T. 19)。

【0318】(第12実施形態) 図29はこの発明の第12実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図、図31はフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図である。

【0319】まず、図29に示すように、マスクプランクスに、マスクパターンを形成する (S T. 1)。

【0320】本例では、ポジ型化学增幅レジストが塗布してあるハーフトーン型マスクプランクスに、図30に示すようなW=520 nm、L=480 nm、WPitch=2080 nm、LPitch=4800 nmの長方形图形を描画、加工、形成した。

【0321】次に、形成されたパターン寸法のX方向を、“L”の部分にて測定したところ、X方向の面内均一性は10 nm、寸法の平均値の所望値との差は-10 nmであった。同様にY方向を、“W”の部分にて測定したところ、Y方向の面内均一性は10 nm、寸法の平均値の所望値との差は-10 nmであった (S T. 2)。

【0322】また、位相シフト膜の透過率の面内均一性は1.5% (レンジ)、透過率の平均値の所望透過率からのずれは-0.5%、位相差の面内均一性は1.5° (レンジ)、平均値の所望位相差からのずれは3°であった (S T. 8)。

【0323】さらに、単位描画領域どうしのつなぎ誤差は、図面つなぎ誤差発生位置にて、2.5 nmあることが測定された (S T. 3)。

【0324】これらデータから、該マスクをKrFステッパーを用いてNA=0.68、σ=0.75、輪帶遮蔽率2/3の条件でウェハに露光する際の露光裕度を計算した。パターン寸法変動X方向ウェハ上で1.5 nm以内、Y方向ウェハ上で1.5 nm以内でフォーカス裕度を0.4 μmを確保した場合、ターゲットからのずれが全くない完全マスクを用いた場合の露光量裕度からの劣化度合いは、面内均一性に起因するものが7.75%、平均値の所望寸法との差に起因するものが0.28%、HT位相差の平均値の所望値との差に起因するものが0.05%、位相差の均一性に起因するものが0.13%、HT透過率の平均値の所望値との差に起因するものが0.19%、透過率の均一性に起因するものが2.88%、位置精度に起因するものが0.71%、トータルとして8.83%完全マスクから劣化すことが求められた。また、完全マスクを用いた場合の所望の露光裕度は、フォーカス裕度が0.4 μmを確保した場合、露光量裕度12.84%得られることが計算により求められた。これらのことから、該マスクを用いた場合の露光裕度は、フォーカス裕度が0.4 μmを確保した場合の露光量裕度は4.1%である、と求められた (S T. 4～S T. 6、S T. 9)。

【0325】本マスクを用いてウェハにパターンを転写

する工程において、フォーカス裕度が $0\sim4\mu\text{m}$ を確保した場合の露光量裕度は、4%必要であるため、本マスクはそれをクリアしている。従って、合格として出荷された(S.T. 7)。

【0326】以上、この発明を第1～第12実施形態により説明したが、この発明は、これら実施形態それぞれに限定されるものではなく、その実施にあたっては、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。

【0327】例えば上記実施形態では、所望の露光裕度は、実施形態に示した値に限られるものではなく、デバイスの作りやすさや、レジストの特性などにより適宜変化するものである。

【0328】また、例えば露光裕度を見積もる計算には、純粋に光学像から露光裕度を求めて構わないが、レジストの特性や、さらにその先の工程であるエッチング工程の特性なども含めた計算から露光裕度を求ることで、より正確な判断が可能となることは言うまでもない。

【0329】また、露光裕度を求めるパターンについては、露光裕度が最も小さいと思われるパターンを見積もることが望ましい。露光裕度が最も小さいと思われるパターンであれば、デバイスのどの部分から選ばれても良い。例えば半導体メモリを例にとると、セルパターンだけではなく、コア回路部などからも露光裕度が最も小さいと思われるパターンを見積もることも、勿論良い。

【0330】また、位相シフトマスクの場合で、位相シフト膜の位相や透過率の測定が難しいとき、露光裕度の計算には、位相や透過率の仕様値を入れて、パターン寸法の値だけを、実際のマスクの測定値を用いて計算することも可能である。

【0331】その他、発明の要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。

【0332】また、上記実施形態はそれぞれ、単独で実施することが可能であるが、適宜組み合わせて実施することも可能である。

【0333】さらに、上記各実施形態には、種々の段階の発明が含まれており、各実施形態において開示した複数の構成要件の適宜な組み合わせにより、種々の段階の発明を抽出することも可能である。

【0334】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、歩留まりを向上させることができ、かつ合否判断の精度も高いフォトマスクの製造方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1はこの発明の第1実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図。

【図2】図2A、図2BはそれぞれCrマスクブランクスを示す平面図。

【図3】図3A、図3Bはそれぞれ寸法測定方法を示す

図。

【図4】図4は描画位置測定方法を示す図。

【図5】図5はこの発明の第1実施形態に係るフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図。

【図6】図6はこの発明の第2実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図。

【図7】図7はこの発明の第2実施形態に係るフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図。

【図8】図8はこの発明の第3実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図。

【図9】図9は工程S.T. 4を示す図。

【図10】図10は工程S.T. 9を示す図。

【図11】図11はこの発明の第3実施形態に係るフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図。

【図12】図12はこの発明の第4実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図。

【図13】図13はこの発明の第4実施形態に係るフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図。

【図14】図14はこの発明の第5実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図。

【図15】図15はこの発明の第5実施形態に係るフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図。

【図16】図16はこの発明の第6実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図。

【図17】図17はこの発明の第6実施形態に係るフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図。

【図18】図18はこの発明の第7実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図。

【図19】図19はこの発明の第7実施形態に係るフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図。

【図20】図20はこの発明の第8実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図。

【図21】図21はこの発明の第8実施形態に係るフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図。

【図22】図22はこの発明の第9実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図。

【図23】図23はこの発明の第9実施形態に係るフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図。

【図24】図24はこの発明の第10実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図。

【図25】図25はこの発明の第10実施形態に係るフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図。

【図26】図26はこの発明の第10実施形態に係る工程管理条件を厳密化した後のフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図。

【図27】図27はこの発明の第11実施形態に係るフォトマスクの製造方法を示す流れ図。

【図28】図28はこの発明の第11実施形態に係るフォーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図。

【図29】図29はこの発明の第12実施形態に係るフ

37

オトマスクの製造方法を示す流れ図。

【図30】図30はHTマスクプランクスを示す平面図。

【図31】図31はこの発明の第12実施形態に係るフオーカス裕度と露光量裕度との関係を示す図。

【図32】図32はハーフトーン型位相シフトマスクの仕様値の例を示す図。

*

38

* 【図33】図33はハーフトーン型位相シフトマスクの測定結果の例を示す図。

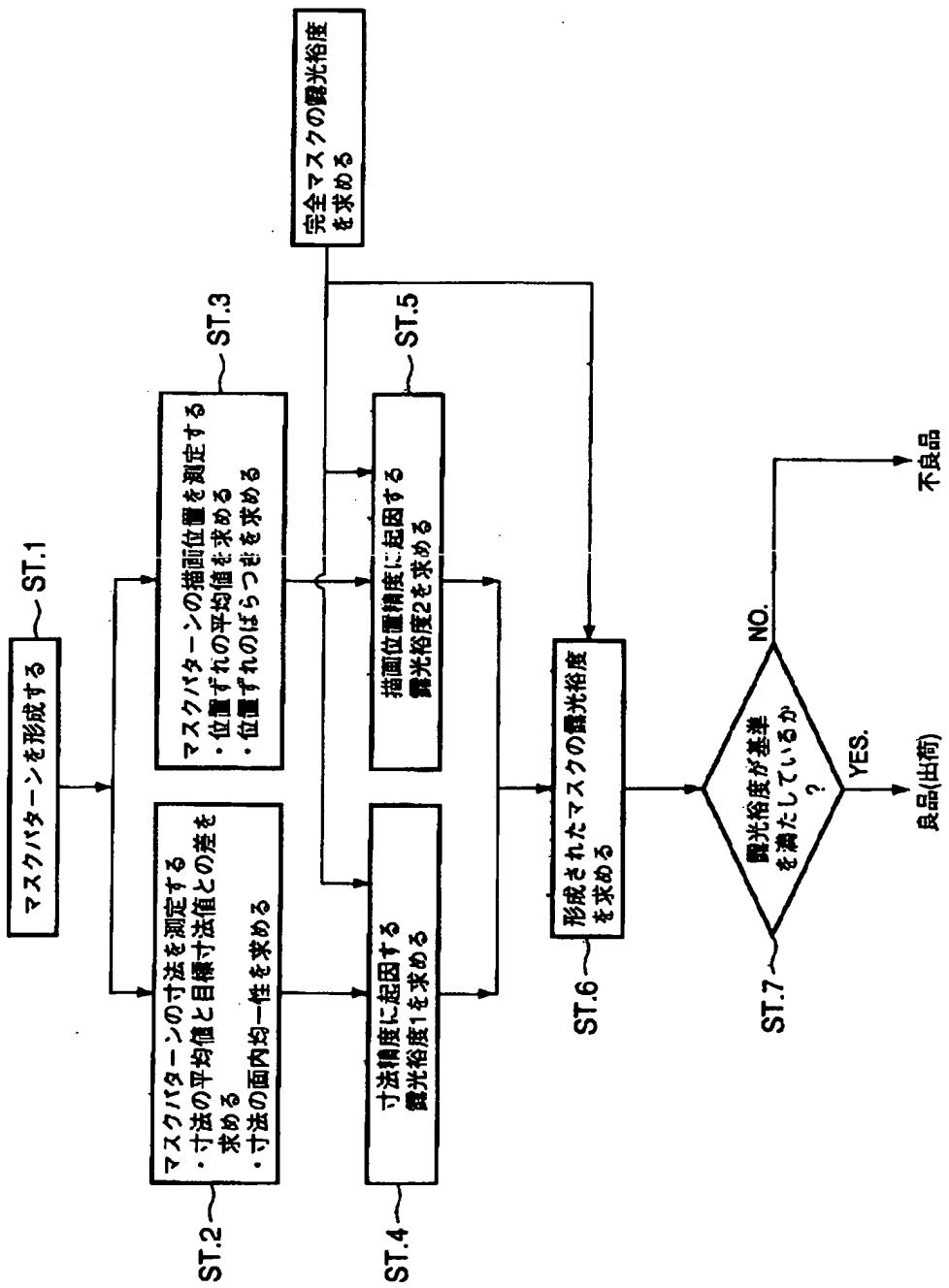
【符号の説明】

10…寸法測定ポイント

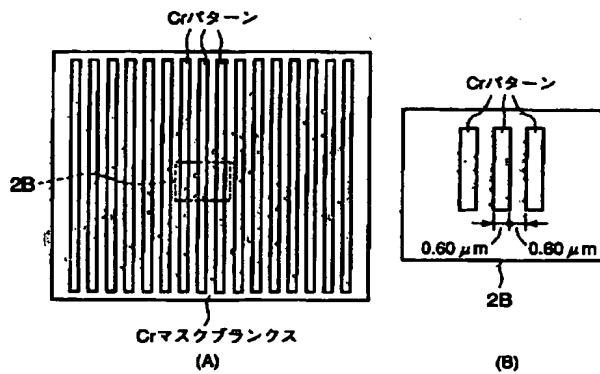
11…位置測定用マーク

12…描画位置

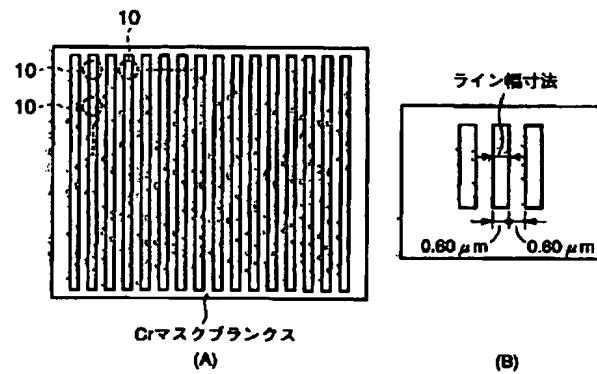
【図1】



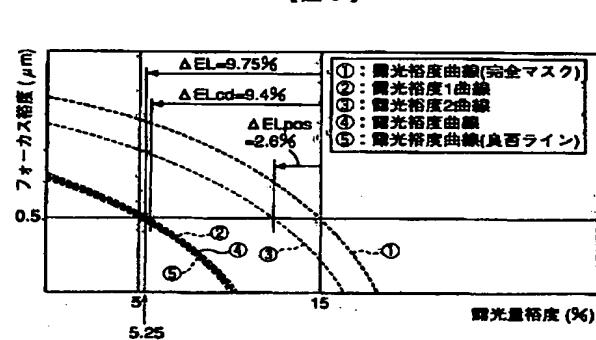
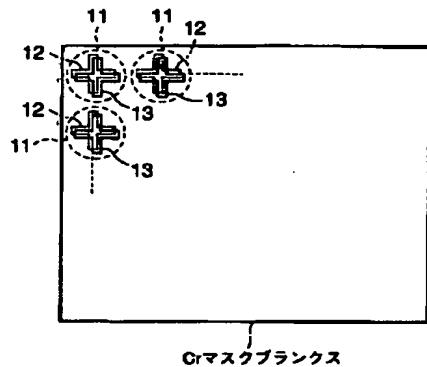
【図2】



【図3】

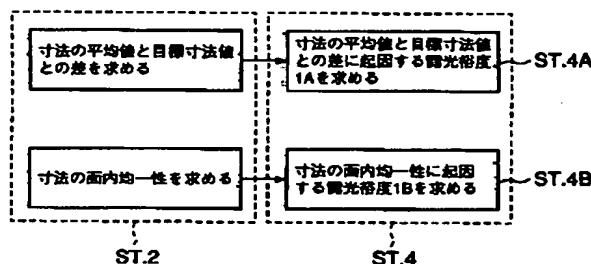
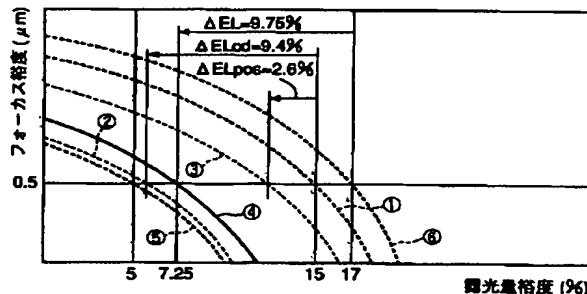


【図4】

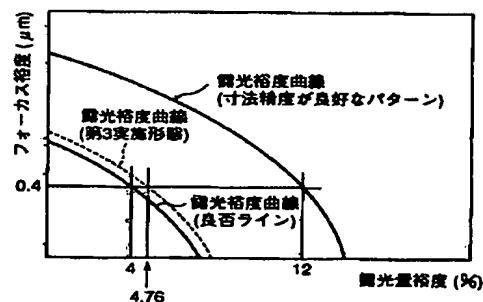


【図5】

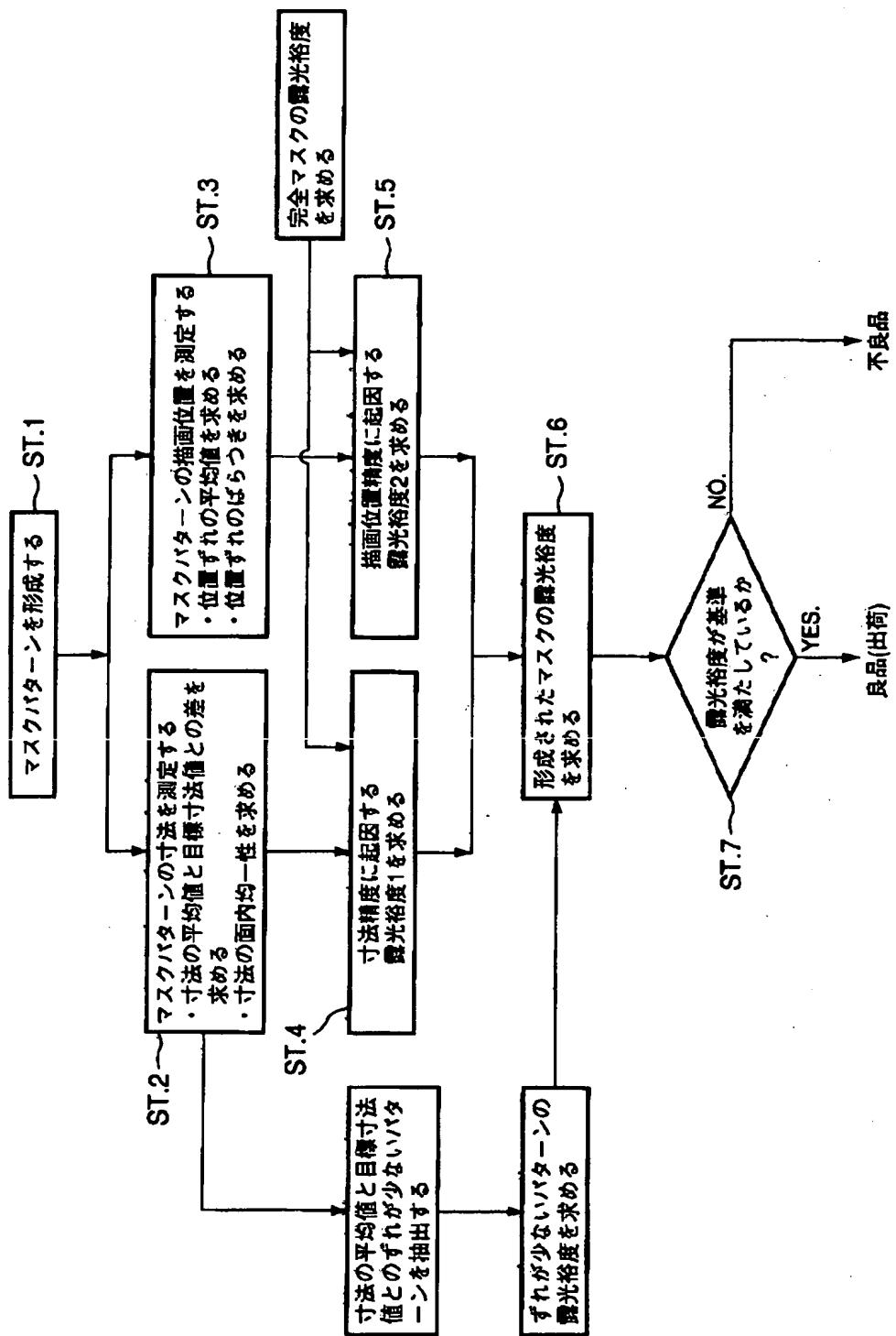
【図7】



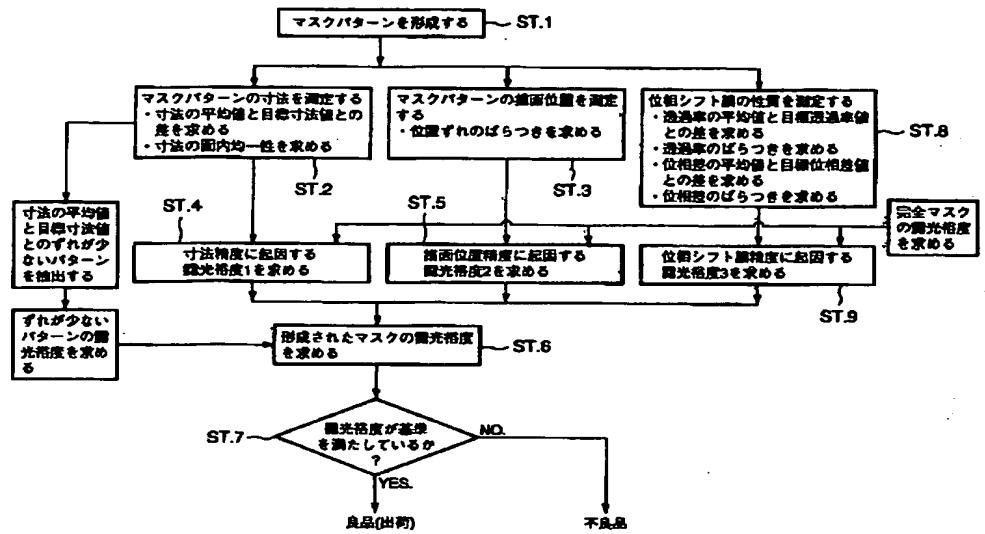
【図9】



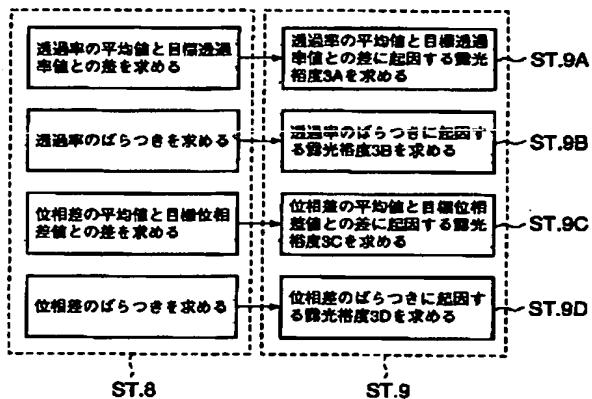
【図6】



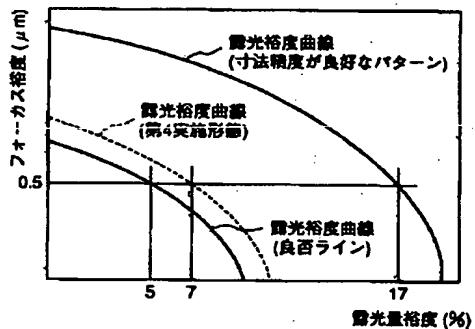
【図8】



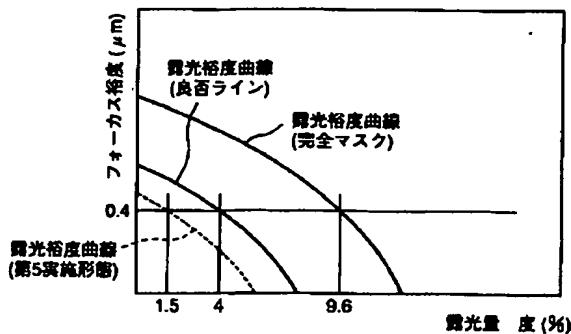
【図10】



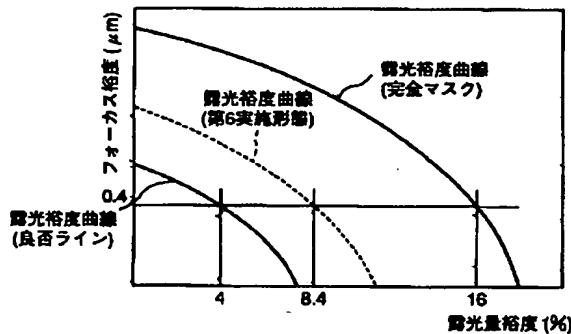
【図13】



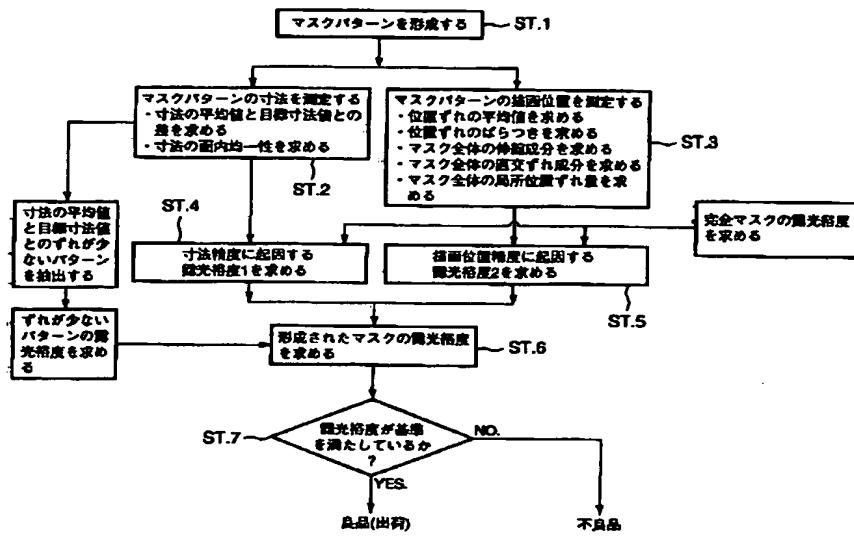
【図15】



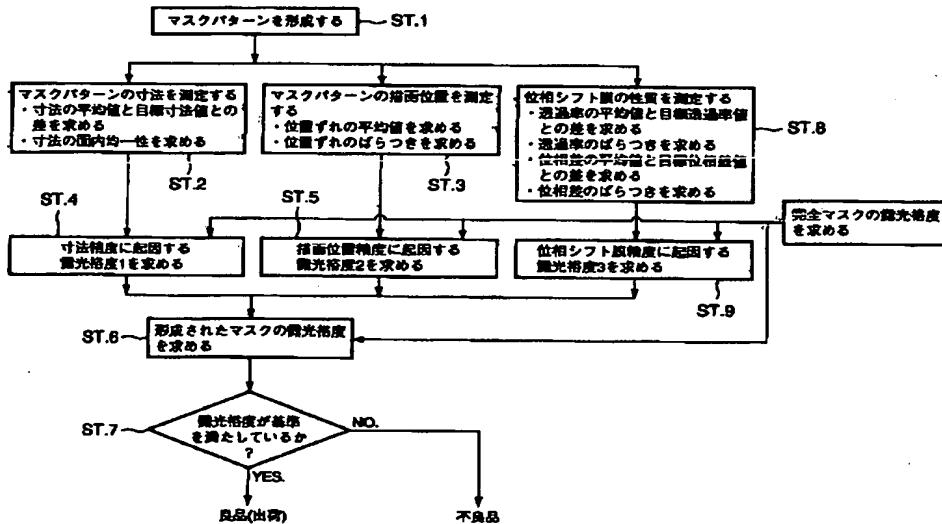
【図17】



【図12】



【図14】



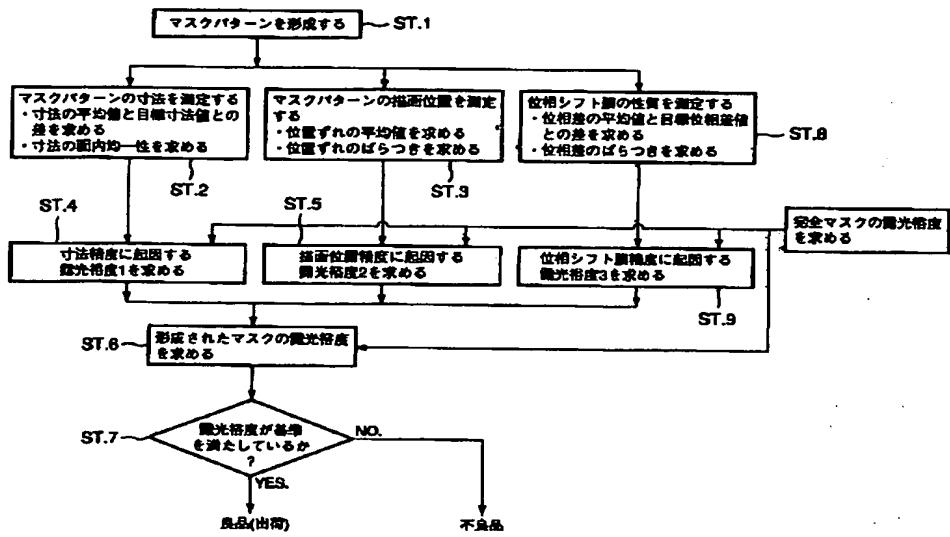
【図32】

項目	仕様値
パターン寸法平均値の目標寸法からのずれ	±10nm以下
パターン寸法面内均一性	8nm(3σ)以下
パターン寸法リニアリティ	±20nm以下
パターン位置初期誤差	20nm(3σ)以下
パターン位置初期誤差	0.2ppm以下
パターン位置面交度誤差	0.2ppm以下
欠陥	150nm以上の欠陥が無し
透通り平均値 目標透通りからのはずれ	±0.2%
透通り面内均一性	±0.1%
位相平均値の180度からのずれ	±3度
位相面内均一性	±1.5度

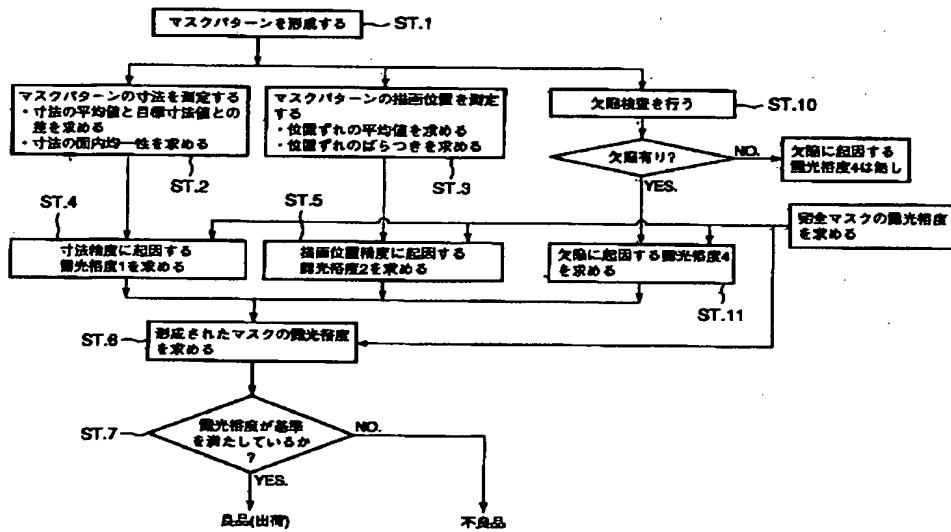
項目	仕様値	測定値
パターン寸法平均値の目標寸法からのずれ	±10nm以下	13nm
パターン寸法面内均一性	8nm(3σ)以下	4nm
パターン寸法リニアリティ	±20nm以下	15nm
パターン位置初期誤差	20nm(3σ)以下	13nm
パターン位置初期誤差	0.2ppm以下	0.1ppm
パターン位置面交度誤差	0.2ppm以下	0.1ppm
欠陥	150nm以上の欠陥が無し	無欠陥
透通り平均値の目標透通りからのはずれ	±0.2%	-0.15%
透通り面内均一性	±0.1%	±0.07%
位相平均値の180度からのずれ	±3度	±2.1度
位相面内均一性	±1.5度	±1.1度

【図33】

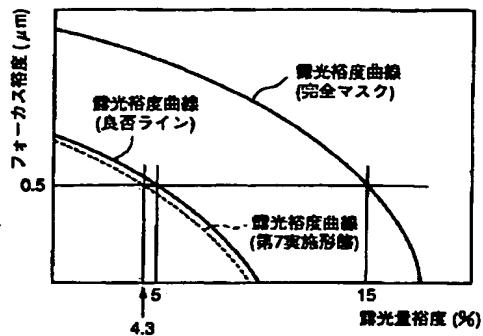
【図16】



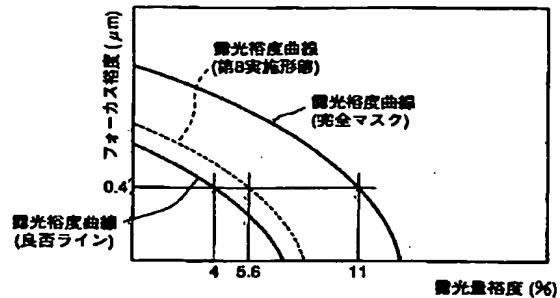
【図18】



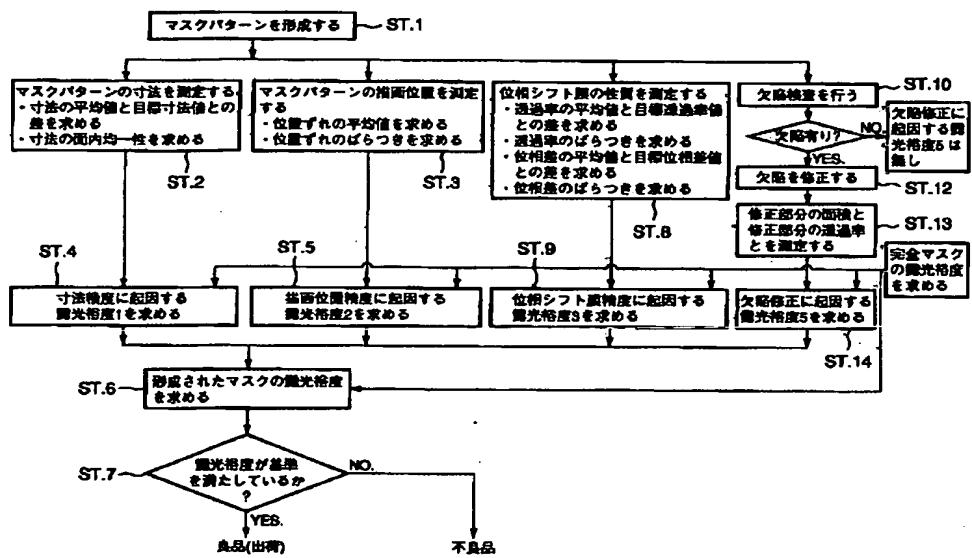
【図19】



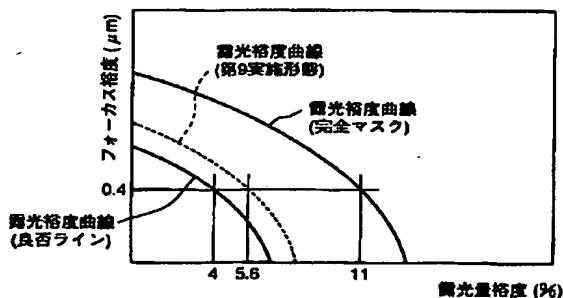
【図21】



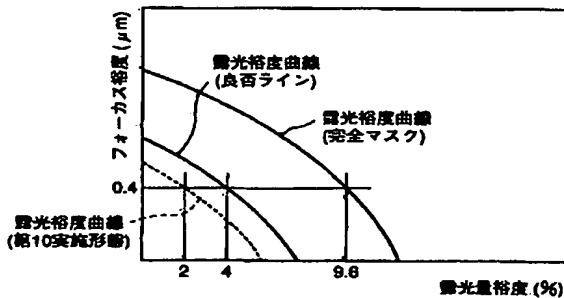
【図20】



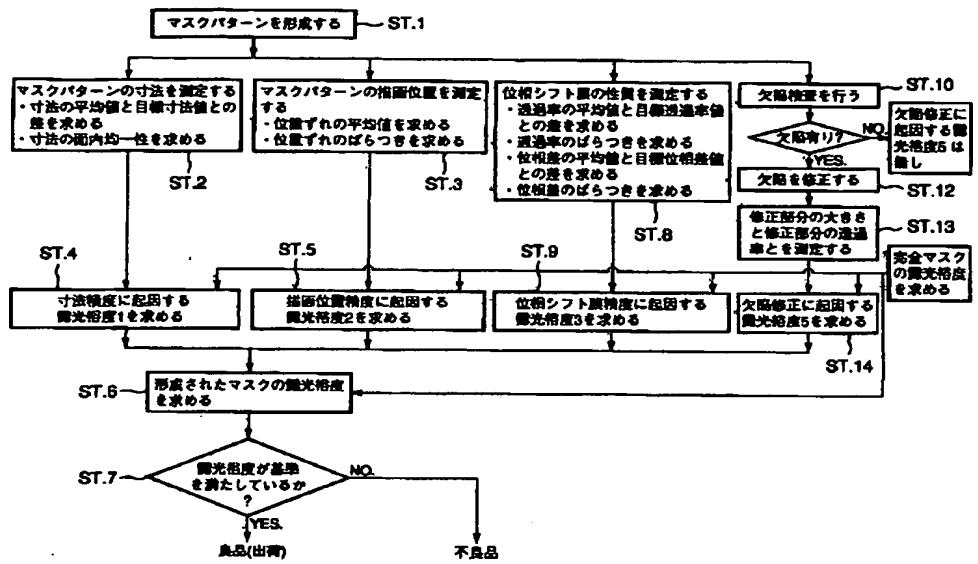
【図23】



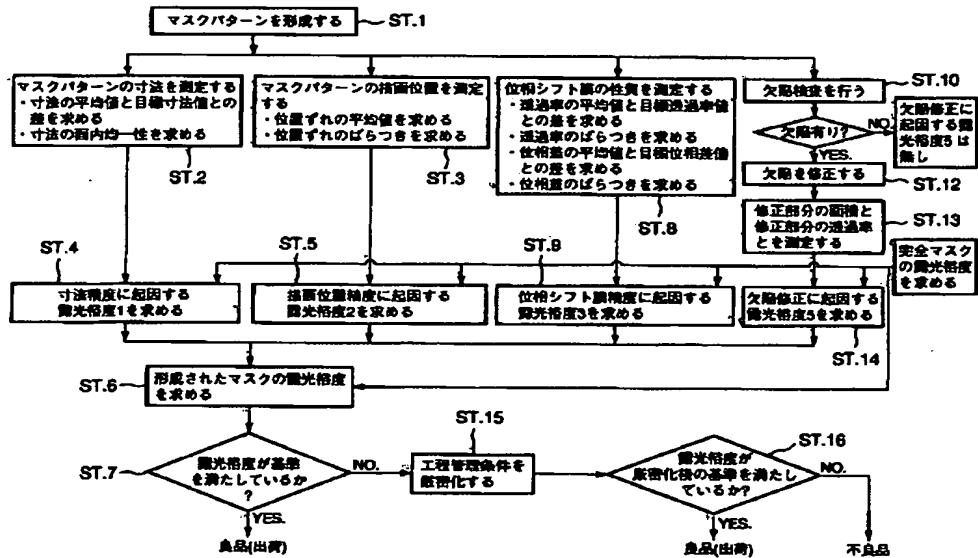
【図25】



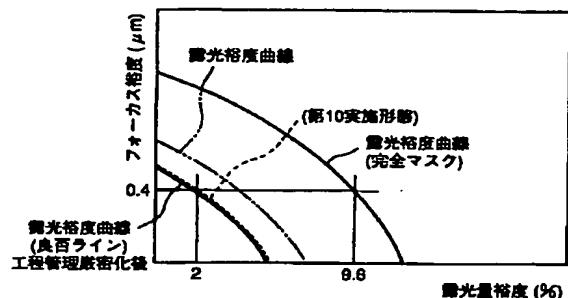
【図22】



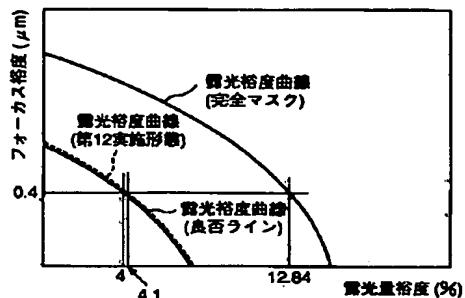
【図24】



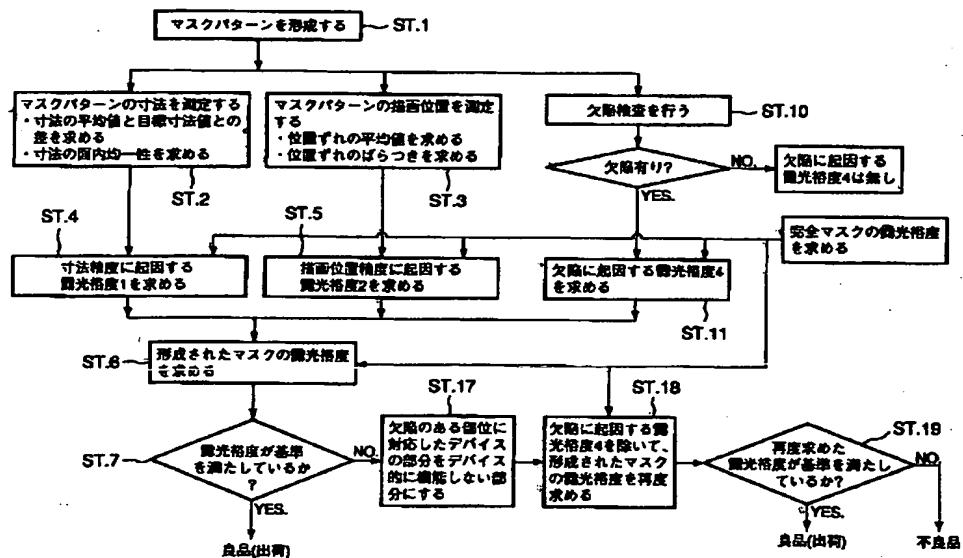
【図26】



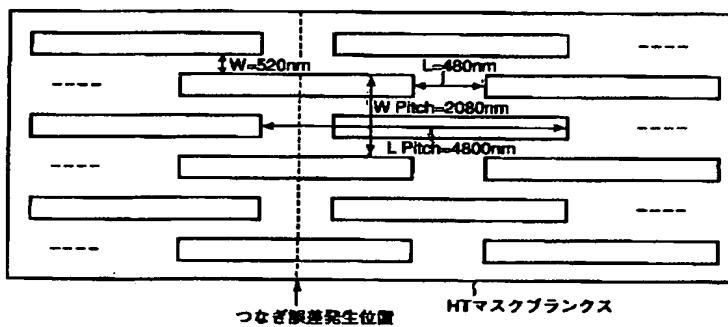
【図31】



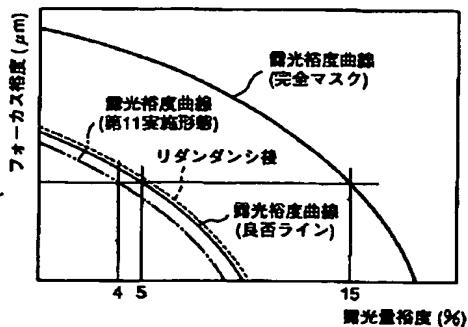
【図27】



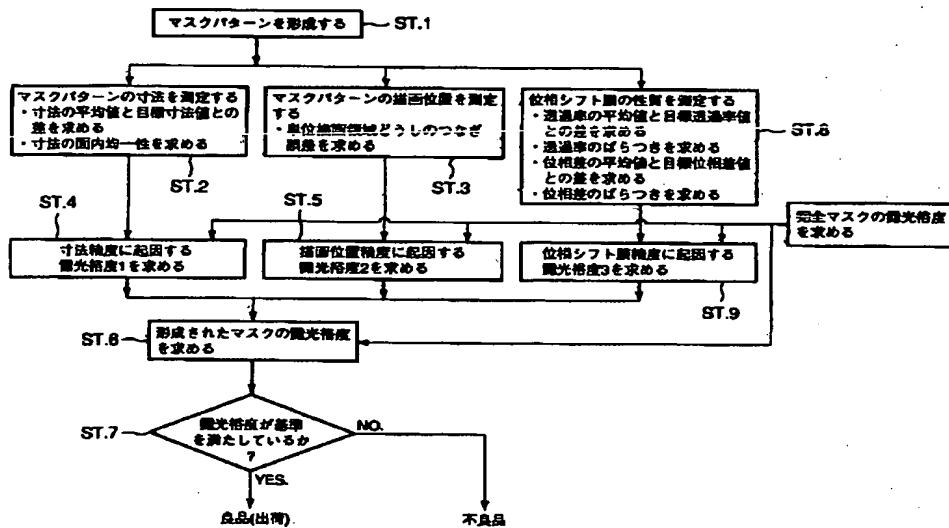
【図30】



【図28】



【図29】



フロントページの続き

(72) 発明者 池永 修

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン
ター内

(72) 発明者 伊藤 正光

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン
ター内

F ターム(参考) 2H095 BB01 BB03